

SCIENZE REGIONALI

1

**L'ANALISI
DEGLI INSEDIAMENTI
UMANI E PRODUTTIVI**

a cura di

**Giorgio Leonardi e
Giovanni A. Rabino**

Associazione italiana
di scienze regionali

FRANCO ANGELI

SCIENZE REGIONALI

Collana dell'Associazione italiana di scienze regionali (AISRe)

Comitato direttivo dell'AISRe:

Antonio Bellacicco, Giuliano Bianchi, Raffaele Brancati, Roberto Camagni, Giancarlo Capitani, Riccardo Cappellin, Bruno Colle, Paolo Costa, Alfredo Del Monte, Gioacchino Garofoli, Giorgio Gugliomella, Agostino La Bella, Giorgio Leonardi, Italo Magnani, Lucio Malfi, Claudio Mazziotta, Giovanni A. Rabino

La collana intende diffondere contributi di studiosi italiani all'evoluzione delle scienze regionali, intese, nel modo più lato possibile, come lo studio dei fenomeni sociali, economici, politici e comportamentali che hanno una dimensione spaziale. Al crocevia di apporti disciplinari e metodologici diversi, immerse in una realtà in continua e profonda evoluzione rispetto alla dimensione territoriale, le scienze regionali in Italia vanno continuamente rinnovando il loro statuto tra disciplinarietà e interdisciplinarietà, adeguatezza dei metodi e rilevanza dei temi e dei risultati.

Con questa collana — costituita da collezioni di saggi o da monografie affidate di volta in volta a curatori e autori di diversa formazione —, l'Associazione italiana di scienze regionali si prefigge di contribuire a una progressiva definizione del campo d'indagine e all'integrazione dei linguaggi e dei metodi.

I lettori che desiderano essere regolarmente informati sulle novità pubbli-
cate dalla nostra Casa Editrice possono scrivere, mandando il loro indiriz-
zo, alla "Franco Angeli Editore, Casella Postale 17130, 20100 Milano", or-
dinando poi i volumi direttamente alla loro libreria.

L'ANALISI DEGLI INSEDIAMENTI UMANI E PRODUTTIVI

a cura di Giorgio Leonardi
e Giovanni A. Rabino

Scritti di C.S. Bertuglia, F. Boscacci, D. Campisi,
E. Canestrelli, A. Cavaliere, P. Ceresa, G. Chiriatti,
E. Ciciotti, T. Di Fonzo, L. Emanuele, P. Formica,
T. Gallino, I. Gualco, G. Las Casas, D. Martellato,
Alfredo Mela, Andrea Mela, M. Montagnana, S. Occelli,
M. Pellegrini, P. Petsimeris, A. Porcu, F. Prizzon,
G.A. Rabino, F. Rivolta, C. Salomone,
G. Simonelli, F. Snickars, M. Terrasi Balestrieri,
M. Toniolo, G. Totaro

Franco Angeli Editore

I saggi contenuti in questo volume sono una scelta di quelli presentati alla terza conferenza dell' AISRe a Venezia nel novembre 1982. Una selezione dei saggi presentati alla seconda conferenza AISRe (Napoli, 1981) sarà pubblicata nel secondo volume della collana. Per una scelta dei saggi presentati alla prima conferenza AISRe (Roma, 1980), si rinvia al volume della collana dell'Istituto di analisi dei sistemi ed informatica del Consiglio nazionale delle ricerche, in corso di pubblicazione.

Copyright © 1984 by Franco Angeli Editore, Milano, Italy.

E' vietata la riproduzione, anche parziale o ad uso interno o didattico, con qualsiasi mezzo effettuata, compresa la fotocopia, non autorizzata.

INDICE

Prefazione	pag.	7
<i>di G. Leonardi e G.A. Rabino</i>		
Dinamica spaziale della popolazione: un approccio analitico al caso italiano	"	13
<i>di D. Campisi e G. Totaro</i>		
Mobilità residenziale: un modello di popolazione secondo la composizione dei nuclei familiari	"	35
<i>di L. Emanuele, M. Montagnana e F. Prizzon</i>		
Un modello regionale degli investimenti in abitazioni per il Veneto	"	45
<i>di M. Toniolo e T. Di Fonzo</i>		
Differenze nei processi di localizzazione delle grandi e piccole imprese manifatturiere	"	67
<i>di M. Terrasi Balestrieri</i>		
I servizi per lo sviluppo delle imprese	"	89
<i>di F. Boscacci, E. Ciciotti, P. Formica e F. Rivolta</i>		
Allocazione industriale e morfogenesi urbana	"	119
<i>di G. Chiriatti, M. Montagnana, G. Plescia e A. Porcu</i>		
L'evoluzione del fenomeno urbano in Europa analizzata attraverso la legge rango-dimensione	"	149
<i>di P. Ceresa, A. Mela, A. Mela, M. Pellegrini e P. Petsimeris</i>		
Politica economica quantitativa con i modelli regionali-nazionali	"	173
<i>di D. Martellato</i>		

Il sistema di modelli per lo studio di caso della Toscana: strutture dei singoli modelli e delle loro interrelazioni <i>di A. Cavaliere, D. Martellato e F. Snickars</i>	pag. 183
L'applicazione di un modello dinamico a larga scala per l'area metropolitana di Torino <i>di C.S. Bertuglia, T. Gallino, I. Gualco, S. Occelli, G.A. Rabino, C. Salomone e R. Tadei</i>	" 205
Analisi delle differenziazioni territoriali a scala regionale <i>di G. Simonelli</i>	" 229
L'analisi multi-criteri come strumento di gui da per la formazione, oltre che per le scelte di strategie di piano <i>di G. Las Casas</i>	" 253
Un modello di simulazione per il porto di Vene zia <i>di E. Canestrelli</i>	" 273

PREFAZIONE

di Giorgio Leonardi⁺ e Giovanni A. Rabino^{*}

Io, per parte mia, sostengo l'opinione esattamente opposta ed affermo che ogni volta che una disputa è infuriata per qualche tempo, specialmente in filosofia, il problema che stava alla sua base non era mai un problema di pure e semplici parole, ma un autentico problema intorno a cose.

E. Kant (1786)

Certamente a taluni questa prefazione non piacerà. Diciamo subito: nel seguito, la chiave di lettura delle Scienze Regionali, il "taglio" interpretativo - come usa dire-, è quello del fisico-matematico.

Considerato che questo è il I° volume della collana di Scienze Regionali curata dall' AISRe , ci si sarebbe più che mai potuti limitare ad una introduzione un po' formale ed accademica.

Metter giù, come si fa in questi casi, tre o quattro cartelle di divagazioni intorno al titolo, sottolineando come, trattandosi appunto del I° volume della collana, si è scelto un argomento molto vasto che permette di dare un'idea di cosa sono le scienze regionali; facendo osservare che, per quanto vasto, il titolo privilegia un solo aspetto delle scienze stesse, quello dell'analisi dei sistemi territoriali, e trascura altri importanti momenti, come quello della pianificazione e del controllo; e, magari, disquisendo su come il termine insediamenti in italiano ha ormai un po' troppo odore di necropoli preistorica e non rende più così bene tutti i contenuti del corrispondente inglese "settlement".

+ I.I.A.S.A. - International Institute for Applied Systems Analysis- Laxenburg, Austria.

* I.R.E.S. - Istituto di Ricerche Economico-Sociali del Piemonte - Via Bogino 21, Torino, Italia.

Dire poi che per illustrare i vari aspetti dell'analisi degli insediamenti umani e produttivi alle diverse scale territoriali (da quella urbana a quella nazionale) si sono utilizzati un ristretto insieme di lavori tra i molti presentati alla Conferenza nazionale dell' AISRe di Venezia (novembre 1982).

Introdurre infine la sequenza di lavori contenuti nel volume sottolineandone le interrelazioni ed il rapporto con l'argomento individuato dal titolo del volume stesso.

Colti però dal sospetto che questa prefazione, come migliaia di altre prefazioni, introduzioni, editoriali, ecc., possa essere saltata a piè pari dal lettore (o è solo una cattiva abitudine dei due scriventi?) per rendere meno tedioso lo scrivere per nessuno, abbiamo messo già qualche idea personale su cosa sono le scienze regionali (che poi, come si è accennato, è quanto si propone di fare questo volume attraverso l'insieme di lavori contenuti), sicuri dell'impunità offerta dal fatto che nessuno le leggerà.

Cominciamo col dire dell'importanza dell'interdisciplinarietà, punto su cui non crediamo di imbatterci in oppositori (ma solo, in questo periodo di disciplinarissimi concorsi universitari, in feroci o inferociti sostenitori); e aggiungiamo subito che nell'interdisciplinarietà sono compresenti sempre due tendenze: quella analitica, quando dall'interazione tra discipline si cercano nuove branche della scienza, e quella sintetica, quando dall'interazione si cerca una nuova disciplina unitaria più generale.

Senza sminuire l'importanza del momento analitico (la storia di tutte le scienze è un susseguirsi in alternanza di analisi e sintesi, anzi è forse la dialettica tra i due momenti il motore della storia) quello che vogliamo qui sottolineare è la centralità dello sforzo di unificazione. Perché un ruolo così fondamentale? Perché, se scienza significa spiegare i fenomeni attraverso le loro cause e tanta più scienza c'è quanti più fenomeni sono descritti in termini di un minore numero di cause ultime, allora la costruzione di teorie unitarie coincide col concetto stesso di scienza. Come il cammino delle scienze fisiche naturali in segna: dallo stupendo costruito unitario della geometria euclidea, alla superba sistematizzazione della meccanica di Galileo, Newton, Lagrange, Hamilton, alle eleganti teorie unitarie dell'elettromagnetismo (di Maxwell), della termodinamica (di Boltzmann) ecc., alla geniale teoria della relatività generale (di Einstein), alla tanto ricercata teoria unitaria di tutte le forze della natura a cui hanno lavorato e stanno lavorando le migliori menti scientifiche.

Si è usato di proposito termini come stupendo, superbo,

elegante, perchè sempre le teorie unitarie hanno suscitato ammirazione; una ammirazione che non vorremmo che qualcuno attribuisse ad una presunta complessità delle teorie stesse che, anzi, sono apprezzate proprio al contrario per la loro semplicità. Infatti ove non si voglia attribuire al concetto di semplicità una dimensione estetica o pragmatica, una sua definizione rigorosa non può che fare riferi-mento al numero di assiomi necessari per costruire la teoria: quanto meno numerosi sono, tanto più la teoria è semplice (proprio quello che richiede il celebre Rasoio di Oc cam, quando si deve scegliere tra diverse teorie equipoten-ti).

Così siamo arrivati ad una fondamentale identità tra semplicità, scienza ed unificazione teorica, che si sostanzia nel riconoscimento di pochi potenti concetti esplicativi di tutto, quali, ad esempio nelle scienze fisiche, i concetti di spazio, tempo, massa, ecc..

Qui vogliamo in particolare richiamare il ruolo dello spazio; ma prima di ciò ci si permetta una breve digressio-ne sul linguaggio della scienza. Perchè si possano unifica-re discipline diverse è necessario che siano espresse in modo compatibile, e cioè nello stesso linguaggio, e se que-sto deve valere per tutte le discipline, deve trattarsi di un linguaggio generale astratto (nel senso di non diretta-mente condizionato dagli specifici contenuti disciplinari). Parrebbe dalle scienze naturali che la matematica (il lin-guaggio matematico nel senso più lato, non la sola sempli-ce algebr^{et}ta) abbia svolto dignitosamente questo ruolo e così crediamo che possa ragionevolmente proporsi come lin-guaggio unificante anche per le scienze umane (che, come diviene sempre più evidente, non sono poi così distanti dalle prime come una volta si pensava).

Ritornando al ruolo dello spazio nelle scienze fisi--che, osserviamo che da semplice supporto su cui si gioca-no certi fenomeni, come nella meccanica classica, è diven-tato man mano, nel processo di unificazione scientifica, elemento accomunante di discipline che altrimenti sareb-be ro scarsamente relazionate l'una all'altra, come l'otti-ca, l'elettricità, il magnetismo, la termodinamica, l'i-drodinamica, ecc., poi elemento fondamentale dei fenome-ni, come nelle teorie dei campi potenziali, infine essen-za del fenomeno, come nella relatività generale dove la massa stessa è ridotta a distorsione dello spazio-tempo.

Orbene, e siamo giunti al punto cruciale, noi crediamo che intorno a concetti come quello di spazio si possa co-struire una unitarietà teorica delle scienze umane (ed in particolare di quelle regionali che studiano in varie for-

me il ruolo dello spazio negli insediamenti umani e prodotti vi) e pensiamo che nella mente dei padri fondatori delle Scienze Regionali, così come nella mente dei promotori delle diverse Associazioni di Scienze Regionali al di là del dichiarato obiettivo di promuovere lo sviluppo di questo ramo di studi a favore del progresso scientifico (e dei suoi positivi riflessi sulla collettività umana) ci sia stata latente una ben più ambiziosa meta, quella che certamente voi avete capito ed è inutile ripetere.

E veniamo, brevemente, ai lavori contenuti in questo volume, cominciando col dire qualcosa a proposito dei criteri di selezione per ridurre il centinaio di lavori presentati alla Conferenza di Venezia a circa una dozzina, adeguati a bene illustrare l'argomento del volume. Un compito ingrato, come sempre, quello della decimazione, reso ancora più difficile dalla buona (ma, onestamente, migliorabile) qualità di quasi tutti i lavori come testimonia il fatto che una consistente parte dei lavori presentati o ha trovato successivamente sbocchi editoriali o era già stata pubblicata (deprecabile costume, questo, di presentare comunicazioni non originali, che perciò - sono state escluse dalla selezione per il presente volume).

Con questo, i lavori prescelti non sono stati selezionati perchè fossero la crema della Conferenza - anche se sono tutti tra i migliori - ma, come già si è detto, si è appositamente cercato di mettere insieme lavori che fornissero una buona panoramica del complesso di problemi affrontati dalle Scienze Regionali.

Da questo solo criterio ne è disceso per il volume, come ci si è reso conto a posteriori, un carattere un po' di miscellanea anche sotto molti altri punti di vista. C'è una buona rappresentatività di tutti i luoghi dove si fa ricerca regionale, Roma, Milano, Torino, Venezia, (con l'assenza preterintenzionale e quindi non priva di un non banale significato, del Mezzogiorno); c'è un equilibrio tra filone teorico e filone sperimentale; c'è una giusta compresenza di differenti ambiti di ricerca (Istituti regionali di ricerca, Enti nazionali quali CNR e CASMEZ, Università); c'è un ampio insieme di discipline; c'è di che non scontentare neppure le femministe (battuta che ci costerà la fama di maschilisti!).

Malgrado tutto ciò non è difficile trovare una quantità incredibile di fili che uniscono i vari lavori (se non tutti insieme, almeno a gruppi) e questi fili sono proprio le problematiche, le metodologie e le linee culturali che, come abbiamo appena visto, possono essere, per un certo verso, elementi di differenziazione dei lavori, ma anche, per altri versi, elementi di unificazione.

Nell'organizzare la sequenza di lavori abbiamo privilegiato uno di questi fili, ed, alla luce di tutto quanto prima detto, non stupirà che questo sia lo spazio in una delle sue fenomenologie più tipiche: la localizzazione degli insediamenti umani. Da questo il titolo del volume.

Così ci sono all'inizio due lavori concernenti la localizzazione della popolazione: il lavoro di D. Campisi e G. Totaro che nell'ambito di un approccio demografico affronta il problema della distribuzione della popolazione a scala regionale ed il lavoro di L. Emanuele et al. che reca un contributo teorico allo studio della localizzazione della popolazione alla scala urbana.

Non si può considerare la localizzazione delle residenze senza affrontare poi anche il problema delle abitazioni. Così dopo il lavoro di Emanuele et al. si è collocato il contributo (sperimentale) di M. Toniolo e T. Di Fonzo sugli investimenti nel settore abitativo in Veneto.

Seguono tre contributi concernenti aspetti della localizzazione delle attività produttive (industrie e servizi): i primi due, rispettivamente di M. Terrasi Balestrieri e di F. Boscacci et al., si collocano sostanzialmente nell'ambito classico della teoria dell'impresa, mentre il terzo di G. Chiriatti et al. è un approccio decisamente non convenzionale (e teorico).

Ci sono poi cinque lavori che affrontano il problema della localizzazione congiunta di popolazione ed attività produttive, sia con modelli unificanti aggregati sia con modelli disaggregati. Collocandoli (approssimativamente) secondo un criterio di scala territoriale decrescente (dalla scala nazionale e sovranazionale a quella locale) abbiamo il lavoro di P. Ceresa et al. relativo alle attuali tendenze generali dei processi insediativi, il lavoro di D. Martellato (input-output multiregionale), il lavoro di A. Cavalieri et al. (input-output regionale), il lavoro di C.S. Bertuglia et al. (modello di sistema urbano) ed il lavoro di G. Simonelli (differenziazione territoriali locali).

Completano il volume due lavori che ci permettono due considerazioni finali.

La prima concerne l'uso degli studi di scienze regionali nella pianificazione e gestione del territorio. In tutti i precedenti lavori la fase di analisi del sistema territoriale è quella prevalente così che il contributo al decisore è essenzialmente in termini di fornitura di informazioni su cui basare le scelte (anche i modelli di simulazione di scenari si collocano in questa ottica). Nel lavoro di G. Las Casas è invece affrontato proprio il problema delle scelte e di come metodi formalizzati (in particolare nell'ambito

delle scelte territoriali) possano aiutare a compierle.

La seconda concerne l'argomento abbastanza anomalo rispetto ai precedenti, trattato nell'ultimo lavoro del volume, quello di E. Canestrelli relativo al traffico nel porto di Venezia.

E' bene che sia presente in questo volume un lavoro di tale genere perchè testimone di un importante filone all'interno delle Scienze Regionali e cioè di quello della Ricerca Operativa, da cui molti buoni contributi sono stati dati alla Conferenza di Venezia e che purtroppo motivi di spazio non consentono di riportare; e perchè, più in generale, testimone di tutti quegli altri filoni delle Scienze Regionali che per lo stesso motivo qui non compaiono.

DINAMICA SPAZIALE DELLA POPOLAZIONE:
UN APPROCCIO ANALITICO AL CASO ITALIANO

di Domenico Campisi^{*} e Giuseppe Totaro⁺

Sommario

In questo lavoro vengono esaminate le proprietà dinamiche dei sistemi multiregionali di popolazione. Le equazioni guida vengono riscritte in termini di autovalori ed autovettori associati alla matrice di crescita; le componenti transitorie di breve periodo vengono analizzate e separate da quelle monotoniche di lungo periodo.

In una applicazione alle cinque ripartizioni italiane vengono applicati i metodi esposti e viene dibattuto l'attuale sviluppo demografico ineguale fra le regioni del Sud e del Nord Italia.

1. *Introduzione*

Il processo di proiezione di un sistema multiregionale di popolazione espresso in termini di equazioni alle differenze finite del primo ordine, gode della proprietà di raggiungere lo stato ergodico caratterizzato da una distribuzione indipendente da quella originaria per classi d'età e regione.

Il processo di crescita nel breve periodo dipende tuttavia dalle caratteristiche strutturali della popolazione e dalla sua distribuzione spaziale.

Dopo aver richiamato la teoria dei modelli di proiezione multiregionale delle popolazioni, nel secondo paragrafo, il sistema di equazioni viene decomposto in termini di autovalori ed autovettori associati alla matrice di crescita multiregionale e vengono esaminate le componenti che guidano il processo di crescita fino alla stabilità.

Nel terzo paragrafo le tecniche descritte vengono appli-

* Progetto Finalizzato Trasporti del C.N.R. Viale dell'Università 11 - 00185 Roma - Italia

+ Istituto di Analisi dei Sistemi ed Informatica del C.N.R. Viale Manzoni 30 - 00185 Roma - Italia

cate al caso italiano nel tentativo non solo di verificare empiricamente le teorie esposte ma anche di dare un contributo alla conoscenza di tale processo.

2. *Approccio analitico al modello multiregionale*

In termini di equazioni lineari alle differenze finite un processo di proiezione multiregionale di popolazione (Federici 1979; Feeney 1970; Keyfitz 1968; Keyfitz and Flieger 1971; Ledent 1977; Rogers 1975; Willekens and Rogers 1978) può essere formulato come:

$$\underline{K}(t+1) = \underline{G} \cdot \underline{K}(t) \quad (1)$$

dove $\underline{K}(t)$ è un vettore n -dimensionale che denota la distribuzione di popolazione per regione (e classe d'età) al tempo t , mentre la matrice \underline{G} , che ingloba i tassi demografici osservati, sotto l'aspetto formale può ritenersi la matrice di transizione di un processo markoviano del tipo $\underline{K}(t)$, $\underline{K}(t+1)$, ..., $\underline{K}(t+T)$ (Leslie, 1945).

Tale processo gode della proprietà di raggiungere in tempo infinito lo stato ergodico, caratterizzato da una distribuzione relativa stabile per età e per aree della popolazione.

Il sistema di equazioni (1) è stato applicato all'analisi spaziale di popolazioni disaggregate in regioni di vari paesi del mondo, fra cui l'Italia (Willekens 1978; Campisi, La Bella e Rabino 1982).

Sotto l'ipotesi di invarianza temporale di \underline{G} , il sistema descritto dalla (1) è stazionario e la soluzione generale che esprime il vettore di stato $\underline{K}(t)$ al tempo t in termini di condizioni iniziali può essere scritto come:

$$\underline{K}(t) = \underline{G}^t \cdot \underline{K}_0 = \underline{\Phi}(t, 0) \cdot \underline{K}_0 \quad (2)$$

Con \underline{K}_0 si è indicata la distribuzione della popolazione all'anno base e con $\underline{\Phi}(t, 0)$ la matrice di transizione (dello stato) del sistema nella sua rappresentazione esplicita (Ruberti e Isidori 1975).

La soluzione della (2) può essere espressa in funzione degli autovalori ed autovettori della matrice \underline{G} e in tale ottica può essere riformulata una soluzione analitica del sistema di equazioni (1). Tale soluzione se esiste, ha la forma seguente:

$$\underline{K}(t) = \lambda^t \underline{\xi} \quad (3)$$

con λ e $\underline{\xi}$ indipendenti dal tempo. Di seguito vengono derivate le condizioni che devono essere soddisfatte affinché il vettore a sinistra della (3) risolva il sistema (1). Sostituendo la (3) nella (1) si ottiene:

$$\underline{K}(t+1) = \underline{G} \cdot \lambda^t \cdot \underline{\xi}$$

D'altra parte dalla (3) si ha:

$$\underline{K}(t+1) = \lambda \left[\lambda^t \cdot \underline{\xi} \right].$$

Affinchè la (2) risolva la (3) deve essere:

$$\underline{G} \cdot \underline{\xi} = \lambda \cdot \underline{\xi} \quad (4)$$

ovvero:

$$[\underline{G} - \lambda \underline{I}] \cdot \underline{\xi} = \underline{0}.$$

La (4) è l'equazione caratteristica del sistema (1).

Il vettore soluzione $\underline{\xi}$ è non nullo se e solo se il determinante di $[\underline{G} - \lambda \underline{I}]$ è uguale a zero, ovvero se λ è un autovalore di \underline{G} e $\underline{\xi}$ è l'autovettore (destro) associato.

Il fattore di proporzionalità implica che una soluzione della (1) esiste se e solo se $\underline{K}(t+1)$ e $\underline{K}(t)$ hanno la stessa direzione nello spazio di stato e differiscono solo in grandezza.

Indichiamo con λ_i ciascun autovalore di \underline{G} e con $\underline{\xi}_i$ il corrispondente autovettore associato. Nel caso di autovettori distinti, l'insieme degli $\underline{\xi}_i$ può essere preso come base di un nuovo sistema di coordinate, e la soluzione della (1) può essere espressa in funzione di tale sistema di riferimento o base (Mc Farlane 1970).

La matrice $\underline{K}(t)$ può essere espressa come combinazione lineare degli autovettori associati a \underline{G} :

$$\underline{K}(t) = \sum_{i=1}^n \bar{C}_i(t) \cdot \underline{\xi}_i = \sum_{i=1}^n C_i \lambda_i^t \cdot \underline{\xi}_i \quad (5)$$

I coefficienti $\bar{C}_i(t)$ sono funzioni del tempo e dovranno essere calcolati. Essi consistono di due parti, una parte indipendente dal tempo C_i ed una funzione del tempo λ_i^t .

Il significato demografico di tali coefficienti sarà chiarito nel seguito.

Definiamo una matrice \underline{E} ($n \times n$) tale che $\underline{\xi}_i$ sia la i -esima colonna:

$$\underline{E} = \left[\begin{bmatrix} \underline{\xi}_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{\xi}_2 \end{bmatrix} \dots \begin{bmatrix} \underline{\xi}_n \end{bmatrix} \right] = \begin{bmatrix} \xi_{11} & \dots & \xi_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \xi_{n1} & \dots & \xi_{nn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

La matrice E è facilmente riconoscibile come matrice modale del sistema; le colonne, costituite dai vettori base fra loro linearmente indipendenti, ne garantiscono la non singolarità.

La (4) e la (6) porgono:

$$\underline{G} \underline{E} = \underline{E} \underline{\Lambda} \quad (7)$$

essendo $\underline{\Lambda}$ la matrice diagonale degli autovalori di \underline{G} , nota come matrice spettrale del sistema.

Le radici della equazione caratteristica (7) sono distinte e consentono il calcolo diretto di \underline{G} :

$$\begin{aligned} \underline{G} &= \underline{E} \underline{\Lambda} \underline{E}^{-1} \\ \underline{G}^t &= \underline{E} \underline{\Lambda}^t \underline{E}^{-1} \end{aligned} \quad (8)$$

La (8) esprime la matrice di crescita G in funzione dei soli autovalori ed autovettori destri. Analoga espressione può essere derivata in funzione degli autovettori sinistri.

Determinazione dei coefficienti \bar{C}_i

E' stato mostrato che ogni distribuzione di popolazione al tempo t può essere espressa come combinazione degli autovettori associati alla matrice di crescita.

Nel caso di autovettori destri si ha:

$$\underline{K}^{(t)} = \sum_{i=1}^n C_i \lambda_i^t \cdot \underline{\xi}_i$$

essendo C_i costanti e λ_i^t dipendenti dal tempo.

I coefficienti C_i possono essere ricavati ricorrendo alle z-trasformate (Willékens and Philippov 1981). Nel caso che gli autovalori siano tutti distinti e non nulli è possibile evitare il ricorso alle z-trasformate introducendo gli autovettori sinistri (Liaw 1981).

Premoltiplicando la (5) per il j -esimo autovettore sinistro \underline{V}_j si ottiene:

$$\underline{V}_j' \cdot \underline{K}^{(t)} = \sum_{i=1}^n C_i \cdot \lambda_i^t \cdot \underline{V}_j' \cdot \underline{\xi}_i \quad (9)$$

e per l'anno base:

$$\underline{V}_j' \cdot \underline{K}_0 = \sum_{i=1}^n C_i \cdot \underline{V}_j' \cdot \underline{\xi}_i \quad (10)$$

Per $j \neq i$, \underline{V}_j e $\underline{\xi}_i$ sono ortogonali ed il loro prodotto interno è nullo:

$$\underline{V}_j' \cdot \underline{\xi}_i = 0 \quad j \neq i$$

per $j = i = 1$ la (8) si riduce a

$$\underline{V}'_1 \cdot \underline{K}_0 = C_1 \cdot \underline{V}'_1 \cdot \underline{\xi}_1,$$

da cui è ricavabile C_1 :

$$C_1 = \frac{\underline{V}'_1 \cdot \underline{K}_0}{\underline{V}'_1 \cdot \underline{\xi}_1}$$

ed in genere

$$C_i = \frac{1}{d_i} \cdot \underline{V}'_i \cdot \underline{K}_0 \quad (11)$$

avendo indicato con $d_i = \underline{V}'_i \cdot \underline{\xi}_i$, il fattore di normalizzazione.

Se gli autovettori destri e sinistri sono normalizzati, il loro prodotto interno è pari all'unità:

$$\underline{V}'_i \cdot \underline{\xi}_i = 1$$

e

$$C_i = \underline{V}'_i \cdot \underline{K}_0.$$

Sostituendo la (11) nella (5) si ottiene:

$$\underline{K}(t) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i} \underline{V}'_i \cdot \underline{K}_0 \cdot \lambda_i^t \cdot \underline{\xi}_i \quad (12)$$

e

$$\underline{K}(t) = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i^t}{d_i} \underline{\xi}_i \cdot \underline{V}'_i \cdot \underline{K}_0 \quad (13)$$

$$\underline{G}^t = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i^t}{d_i} \cdot \underline{\xi}_i \cdot \underline{V}'_i. \quad (14)$$

I coefficienti della (13) dipendono da due componenti: dalla distribuzione di popolazione iniziale \underline{K}_0 e dagli autovettori \underline{V}_i della matrice di crescita; questi ultimi dipendono dai tassi demografici applicati.

Analisi della popolazione stabile

Lo studio della popolazione stabile permette l'analisi degli effetti asintotici di lungo periodo dovuti ai tassi demografici applicati.

Indicando con $\underline{s}^{(t)}$ la popolazione stabile raggiunta al tempo t , si ha:

$$\underline{s}^{(t)} = \lim_{t \rightarrow \infty} \underline{G}^t \underline{K}_0$$

ovvero:

$$\underline{S}^{(t)} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i} \underline{V}'_i \underline{K}_0 \left[\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_i^t \right] \underline{\xi}_i.$$

Lo studio delle proprietà asintotiche del sistema di popolazione equivale allo studio del limite $\lim_{t \rightarrow \infty} \underline{G}^t$ (essendo \underline{K}_0 costante) e quindi dalla matrice \underline{G} .

Si può dimostrare che sotto blande condizioni, sempre verificate nei casi empirici, la matrice \underline{G} gode delle seguenti proprietà (Willekens and Philipppov 1981; Liaw 1981):

- è non negativa, indecomponibile e primitiva;
- ammette radici distinte, tutte reali nel caso di popolazione non disaggregata per classi d'età, reali e complesse altrimenti.

Tali proprietà assicurano le condizioni del teorema di Perron-Frobenius ed in particolare l'esistenza di un autovettore reale e positivo dominante (Gautmacher 1959).

L'autovettore dominante guida nel lungo periodo il processo proiettivo.

In termini analitici, ricordando che:

$$\underline{K}^{(t)} = \sum_{i=1}^n C_i \lambda_i^t \underline{\xi}_i$$

si ha:

$$\underline{S}^{(t)} = \lim_{t \rightarrow \infty} \underline{K}^{(t)} \simeq C_{\max} \lambda_{\max}^t \underline{\xi}_{\max}. \quad (18)$$

Con λ_{\max} si è contrassegnato l'autovettore dominante, con $\underline{\xi}_{\max}$ e C_{\max} , rispettivamente l'autovettore e il coefficiente ad esso associati.

La popolazione ultima crescerà quindi, con tasso identico fra le regioni e con distribuzione regionale inalterata. Tale popolazione è detta stabile. Il tasso di crescita dipendendo solo dalla matrice \underline{G} e non dalla distribuzione originaria di popolazione, conferma quanto già enunciato: la tendenza delle popolazioni a dimenticare il passato, ovvero la distribuzione originaria, sotto l'ipotesi di invarianza temporale dei tassi di mortalità, natalità e migrazione.

La (18) può essere scritta come:

$$\underline{S}^{(t)} = \frac{1}{d_1} \lambda_{\max}^t \underline{\xi}_{\max} \underline{V}'_{\max} \underline{K}_0 \quad (19)$$

essendo:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \underline{G}^t = \frac{1}{d_{\max}} \underline{\xi}_{\max} \underline{V}'_{\max}. \quad (20)$$

Il valore di \underline{G}^t dipende, per t sufficientemente grande,

dall'autovalore dominante e dagli autovettori destri e sinistri associati a λ_{\max} .

L'equazione (19) porta al concetto di popolazione stabile equivalente \underline{S}_0 , che è definita come quella popolazione teorica che se distribuita come la popolazione stabile ed uniformemente crescente con tasso λ_{\max} , porterebbe alla stessa popolazione stabile di quella osservata.

Si può mostrare che:

$$\underline{S}(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} \underline{G}^t \underline{K}_0 = \lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_{\max}^t \underline{S}_0 \quad (21)$$

avendo indicato con \underline{S}_0 il vettore della popolazione stabile equivalente.

Esso per definizione è pari a:

$$\underline{S}_0 = \frac{\underline{S}(t)}{\lambda_{\max}^t} \quad (22)$$

ovvero per la (19)

$$\underline{S}_0 = \frac{1}{d_{\max}} \xi_{\max} \underline{V}'_{\max} \underline{K}_0 = \underline{TK}_0.$$

La matrice

$$\underline{T} = \frac{1}{d_{\max}} \xi_{\max} \underline{V}'_{\max}$$

trasforma la popolazione osservata in quella stabile. Se gli autovettori sono normalizzati e $d_{\max} = 1$, la matrice di trasformazione \underline{T} si identifica con la matrice costituente (Lan-kaster 1969).

In questo caso la popolazione stabile equivalente per regioni può essere scritta come trasformazione lineare della popolazione osservata per regioni in quanto la matrice di trasformazione è uguale alla matrice costituente, e la popolazione stabile equivalente viene a non dipendere direttamente dal tasso stabile di crescita. Dalla (18) si ha:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\underline{K}(t)}{\lambda_{\max}^t} = C_{\max} \xi_{\max} > 0$$

essendo per il teorema di Perron-Frobenius sia C_{\max} che ξ_{\max} reali e positivi.

Il momento di crescita del sistema di popolazione è dato da:

$$m = \left[(k - C_{\max}) K \right] \cdot 100\%$$

essendo K la popolazione totale al tempo $t = 0$.

Il momento rappresenta l'amplificazione percentuale della dimensione della popolazione "ultima" dovuta alle differenze fra le distribuzioni iniziali e finali. Per "ultima" viene indicata la popolazione all'anno in cui la componente dominante comincia a sovrastare le rimanenti.

3. Traettoria di crescita della popolazione italiana disaggregata per ripartizioni: un esempio numerico

Il modello multiregionale di proiezione di popolazione descritto nel paragrafo due viene in questo paragrafo applicato alle cinque ripartizioni territoriali italiane: Nord-Ovest, Nord-Est, Centro, Sud ed Isole. In questa applicazione la matrice di crescita \underline{G} della equazione (1) descrive i patterns di cambiamento demografico durante un intervallo (di proiezione) di un anno a partire dall'anno $t = 1978$ cui è riferita la popolazione iniziale.

Nelle Tabelle 1 e 2 sono riportati i dati di ingresso utilizzati, gli autovalori e gli autovettori destri e sinistri della matrice di crescita, i coefficienti C_i della soluzione analitica.

Nel paragrafo uno è stato mostrato, che il modello di proiezione di popolazione

$$\underline{K}(t) = \underline{G}^t \underline{K}_0 \quad (23)$$

può essere espresso nella forma analitica

$$\underline{K}(t) = \sum_{i=1}^n C_i \lambda_i^t \underline{\xi}_i \quad (24)$$

L'esplicitazione della (24) nell'applicazione numerica è:

$$\underline{K}(t) = 8333712,3750 \times (0,99050)^t \times \begin{bmatrix} 0,85320 \\ -0,42498 \\ -0,11103 \\ -0,16858 \\ -0,22515 \end{bmatrix} +$$

$$22280315,5000 \times (1,00333)^t \times \begin{bmatrix} 0,29997 \\ 0,21311 \\ 0,28501 \\ 0,66978 \\ 0,57962 \end{bmatrix} +$$

$$\begin{aligned}
 & 8363097,0000 \times (0,99315)^t \times \begin{bmatrix} 0,15491 \\ 0,94021 \\ -0,27562 \\ -0,06632 \\ -0,10795 \end{bmatrix} + \\
 & - 3122516,5000 \times (0,99999)^t \times \begin{bmatrix} 0,04482 \\ 0,01530 \\ 0,02758 \\ -0,36596 \\ 0,92901 \end{bmatrix} + \\
 & 7619628,3750 \times (0,99583)^t \times \begin{bmatrix} -0,03392 \\ 0,11362 \\ 0,95928 \\ -0,20304 \\ -0,15651 \end{bmatrix} .
 \end{aligned}$$

Tale espressione scompone il processo di proiezione multiregionale in un set di equazioni indipendenti.

L'equazione di crescita della ripartizione Nord-Ovest ad esempio è data dalla equazione:

$$\begin{aligned}
 \underline{K}_1^{(t)}(0) = & 8333712,3750 \times 0,85320 \times (0,99050)^t + \\
 & 22280315,5000 \times 0,29997 \times (1,0033)^t + \\
 & 8363097,0000 \times 0,25491 \times (0,99315)^t + \\
 & -3122516,5000 \times 0,04482 \times (0,99999)^t + \\
 & 7619628,3750 \times (-0,03392) \times (0,99583)^t
 \end{aligned}$$

che per $t = 0$ diventa:

$$\begin{aligned}
 \underline{K}_1^{(0)}(0) = & 8333712,3750 \times 0,85320 + \\
 & 22280315,5000 \times 0,29997 + \\
 & 8363097,0000 \times 0,65491 + \\
 & -3122516,5000 \times 0,04482 + \\
 & 7619628,3750 \times (-0,03392) = 15.424.521
 \end{aligned}$$

Tale valore a meno di approssimazioni del tutto trascurabili, dovute ad arrotondamento, è comparabile con il valore osservato di 15.424.532 unità.

Analogamente possono essere ricavate le equazioni delle popolazioni delle altre ripartizioni e quelle dell' Italia

Tab. 1 - Coefficienti del sistema demografico

Popol. iniziale

15424532.
10394756.
10796837.
13471822.
6518288.

Matrice di crescita

.99202	.00079	.00069	.00312	.00158
.00192	.00324	.00079	.00151	.00059
.00161	.00081	.99621	.00152	.00062
.00262	.00053	.00122	1.00121	.00031
.00312	.00061	.00091	.00081	1.00012

Autovalori

(.99050, .00000) (1.00333, .00000) (.99315, .00000) (.99999, .00000) (.99583, .00000)

Autovettori

(.85320, .00000)	(.29797, .00000)	(.15491, .00000)	(.04482, .00000)	(-.03392, .00000)
(-.42498, .00000)	(.21311, .00000)	(.94021, .00000)	(.01530, .00000)	(.11362, .00000)
(-.11103, .00000)	(.28501, .00000)	(-.27562, .00000)	(.02758, .00000)	(.95928, .00000)
(-.16858, .00000)	(.66978, .00000)	(-.06632, .00000)	(-.36596, .00000)	(-.20304, .00000)
(-.22515, .00000)	(.57962, .00000)	(-.10795, .00000)	(.92901, .00000)	(-.15651, .00000)

Tab. 1 - (Continua) Coefficienti del sistema demografico

MATRICE TRASPOSTA:

<u>Autovalori</u>									
(.99050,	.00000)	(1.00333,	.00000)	(.99315,	.00000)	(.99999,	.00000)	(.99583,	.00000)
<u>Autovettori</u>									
(.94308,	.00000)	(.33439,	.00000)	(.33576,	.00000)	(.07027,	.00000)	(.10394,	.00000)
(-.19203,	.00000)	(.10823,	.00000)	(.88356,	.00000)	(.02005,	.00000)	(.20146,	.00000)
(-.01568,	.00000)	(.23019,	.00000)	(-.16640,	.00000)	(-.02082,	.00000)	(.89518,	.00000)
(-.23533,	.00000)	(.85246,	.00000)	(-.25159,	.00000)	(-.66884,	.00000)	(-.34386,	.00000)
(-.13457,	.00000)	(.31111,	.00000)	(-.12492,	.00000)	(.73952,	.00000)	(-.17036,	.00000)

Tab. 2 - Coefficienti di normalizzazione

Autovett. destri normalizzati

.89065
-.44364
-.11590
-.17598
-.23503
.31713
.22681
.30334
.71284
.61688
.16158
.98064
-.28747
-.06917
-.11259
.04795
.01636
.02951
-.39154
.99395
-.03480
.11658
.98431
-.20834
-.16059

Coefficienti C(I)

1 8333712.3750
2 22280315.5000
3 8363096.0000
4 -3122516.5000
5 7619628.3750

in totale, presentate in aggregati nelle Figure 2 e 3.

Al crescere di t , al secondo membro della (24), il contributo di tutti i termini, eccetto il secondo, tendono a diventare trascurabili, essendo gli autovalori λ_i minori di uno.

Il fatto che gradualmente tali termini tendono a scomparire reintroduce in maniera empirica il contributo dell'autovalore dominante discusso nei precedenti paragrafi. Non appena scompaiono tutte le componenti, eccetto $C_2 \lambda_2^t \xi_2$, la popolazione raggiunge lo stato ergodico. L'autovalore dominante λ_{\max} (in questo caso λ_2), condiziona la crescita del sistema di popolazione e può essere facilmente convertito in tasso annuale di crescita r tramite la formula:

$$r = \frac{1}{h} \ln \lambda_{\max},$$

avendo indicato con h l'intervallo di proiezione.

Nel nostro caso $h = 1$ ed $r = \ln \lambda_{\max} = \ln (1.0033) = 0.003294$.

Il vettore ξ_2 (ξ_{\max}) denota la distribuzione per ripartizioni della popolazione italiana alla stabilità.

Nel seguito verrà dato un breve accenno alla modalità di convergenza verso la stabilità del sistema di popolazione delle cinque ripartizioni italiane e verrà esaminata la popolazione stabile equivalente, ovvero saranno analizzati gli effetti di lungo periodo dei tassi applicati alla popolazione del 1978.

Convergenza verso la stabilità

Il sistema multiregionale di crescita della popolazione italiana può essere espresso in funzione delle seguenti cinque equazioni indipendenti:

$$K_i^{(t)} = C_1 \lambda_1^{t \xi_{i1}} + C_2 \lambda_2^{t \xi_{i2}} + C_3 \lambda_3^{t \xi_{i3}} + C_4 \lambda_4^{t \xi_{i4}} + C_5 \lambda_5^{t \xi_{i5}} \quad i = 1, \dots, 5 \quad (25)$$

Per valori "abbastanza grandi" di t , le (25) sono monotonamente crescenti e convesse.

Le condizioni di crescita monotonica nel breve periodo sono derivabili investigando il segno delle derivate prime:

$$\frac{dK_i^{(t)}}{dt} = C_1 \lambda_1^{t \xi_{i1}} \ln \lambda_1 + C_2 \lambda_2^{t \xi_{i2}} \ln \lambda_2 +$$

$$\begin{aligned}
 &+ C_3 \lambda_3^{\xi_{i3}} \ln \lambda_3^t + C_4 \lambda_4^{\xi_{i4}} \ln \lambda_4 + \\
 &+ C_5 \lambda_5^{\xi_{i5}} \ln \lambda_5 \quad , \quad i = 1, \dots, 5 \quad (26)
 \end{aligned}$$

Si può dimostrare che se la condizione di crescita monotona è verificata al tempo $t = 0$, essa sarà verificata per tutti i valori di t (Willekens and Philippov 1981).

Se

$$\frac{dK_i(0)}{dt} > 0 \rightarrow \frac{dK_i(t)}{dt} > 0, \quad \forall t \quad (27)$$

la relazione (27) esprime l'indipendenza dal tempo della traiettoria di crescita nel breve periodo. Essa dipende infatti solo dalle differenze relative fra gli autovalori della matrice G .

Per $t = 0$ la (26) divenga:

$$\frac{dK_i}{dt} = C_1 \xi_{i1} + C_2 \xi_{i2} + C_3 \xi_{i3} + C_4 \xi_{i4} + C_5 \xi_{i5}$$

Nel nostro caso:

$$\frac{dK_1(0)}{dt} < 0 \quad (\text{Nord-Ovest})$$

$$\frac{dK_2(0)}{dt} < 0 \quad (\text{Nord-Est})$$

$$\frac{dK_3(0)}{dt} > 0 \quad (\text{Centro})$$

$$\frac{dK_4(0)}{dt} > 0 \quad (\text{Sud})$$

$$\frac{dK_5(0)}{dt} > 0 \quad (\text{Isole})$$

Nel breve periodo le popolazioni delle ripartizioni del Nord tendono a diminuire. Quelle delle altre ripartizioni invece cresceranno monotonamente a partire da $t = 0$.

Le modalità di evoluzione delle popolazioni delle ripartizioni del Nord può essere investigata ricorrendo alla derivata seconda della (25):

$$\begin{aligned} \frac{d^2 K_i(t)}{dt^2} = & C_1 \lambda_1^t \xi_{i1} (\ln \lambda_1)^2 + C_2 \lambda_2^t \xi_{i2} (\ln \lambda_2)^2 + \\ & + C_3 \lambda_3^t \xi_{i3} (\ln \lambda_3)^2 + C_4 \lambda_4^t \xi_{i4} (\ln \lambda_4)^2 + \\ & + C_5 \lambda_5^t \xi_{i5} (\ln \lambda_5)^2 \end{aligned}$$

che per $t = 0$ diventa:

$$\frac{d^2 K_1(0)}{dt^2} = 489.98 > 0$$

$$\frac{d^2 K_2(0)}{dt^2} = 498.58 > 0$$

Pertanto gli andamenti della traiettoria di crescita delle ripartizioni italiane possono essere sintetizzate come in Figura 1.

Le popolazioni delle ripartizioni Centro, Sud ed Isole crescono monotonicamente (Figura 1a); le altre nell'Italia Settentrionale hanno un andamento delineato come nella Figura 1b. I punti di minimo, di queste ultime, possono essere analiticamente calcolati tramite le relazioni:

$$\frac{dK_1(t)}{dt} = 0, \quad \frac{dK_2(t)}{dt} = 0$$

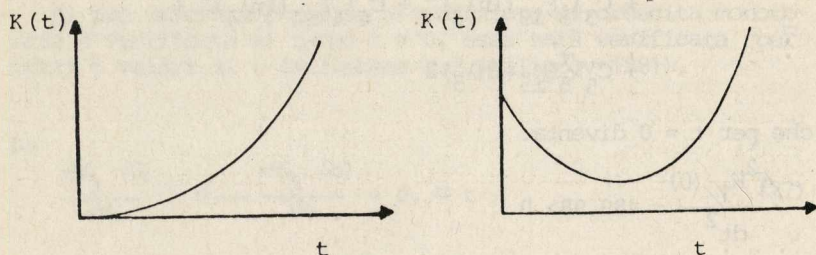
e sono situati nell'intervallo di proiezione compreso tra i duecento e i trecento anni.

Analisi del comportamento asintotico

Per effetto dei tassi demografici al 1978, inseriti tramite la matrice \underline{G} , la popolazione stabile equivalente risulta:

	POPOLAZIONE	PERCENTUALE
Nord-Ovest	7.065.688	14.56755
Nord-Est	5.053.289	10.41863
Centro	6.758.444	13.93419
Sud	15.882.194	32.74772
Isole	13.744.354	28.33192

Figura 1 - Andamento delle proiezioni di popolazioni in ambito multiregionale, con tasso di crescita positivo



$$1a): \frac{dK(0)}{dt} > 0$$

$$1b): \frac{dK(0)}{dt} < 0$$

$$\frac{d^2K(0)}{dt^2} > 0$$

1a) Centro, Sud, Isole

1b) Nord-Ovest, Nord-Est.

Il momento di crescita m è pari a:

$$m = \left[(56.604.522 - 22280315.5) / 56604522 \right] 100\% = 0.60$$

indica l'amplificazione percentuale della dimensione della popolazione totale del 1978 fino alla stabilità, quando tutte le regioni cominciano a crescere, con distribuzione percentuale inalterata e con lo stesso tasso.

Il tasso di crescita nel lungo periodo $r_s = \lambda_{\max} - 1 = 1.00333 - 1 = 0.0033$ risulta considerevolmente più basso di quello riscontrato all'anno base $r_b = 0.10601$. Tale differenza è dovuta agli effetti equilibranti dei movimenti migratori che nel lungo periodo temperano la crescita positiva delle popolazioni meridionali ed insulari con quelle negative delle regioni settentrionali.

Nel contempo per effetto delle redistribuzioni dovute ai movimenti migratori, ai differenti tassi di fertilità e mortalità, alla stabilità oltre il 50% della popolazione italiana risulta risiedere nel Mezzogiorno, contro il dato di partenza del 20% circa del 1978.

Tali risultati, ed altri ricavabili dalle Figure, non hanno carattere né normativo né previsivo e forniscono solo una indicazione sugli effetti futuri di trends applicati.

I metodi basati sulle popolazioni stabili infatti fungono solo da lente di ingrandimento dei fenomeni in atto; in ambito multiregionale permettono di catturare appieno gli effetti delle migrazioni interregionali sulle popolazioni regionali. Per il tipo di disaggregazione usata (di tipo batterico, indifferenziata per classe d'età e sesso) sfugge da questa analisi l'effetto di invecchiamento della popolazione per effetto dei trends demografici al 1978. E' comunque intuibile che le regioni settentrionali subiranno un progressivo invecchiamento delle loro popolazioni, mentre le meridionali conserveranno una struttura più giovane: la diminuzione dei tassi di fertilità intervenuta nella seconda metà degli anni '70 non è stata infatti uguale in tutte le regioni. Nelle regioni settentrionali i tassi di fertilità sono scesi ai livelli più bassi in Europa (Campisi, La Bella e Rabino 1982). I valori dei tassi di migrazione, osservabili in aggregato nella matrice G (fuori della diagonale principale), sono dovuti a due componenti osservate nella seconda metà degli anni '70:

- le diminuzioni dei flussi Sud-Nord
- l'incremento dei flussi Nord-Sud.

In chiave economica ciò può essere spiegato con la crisi dei prezzi dei prodotti petroliferi e la crisi del settore industriale nel Nord Italia, che hanno progressivamente ristretto la base occupazionale nelle regioni settentrionali

Figura 2 - Andamento della distribuzione percentuale della popolazione delle cinque ripartizioni italiane dal 1978 alla stabilità

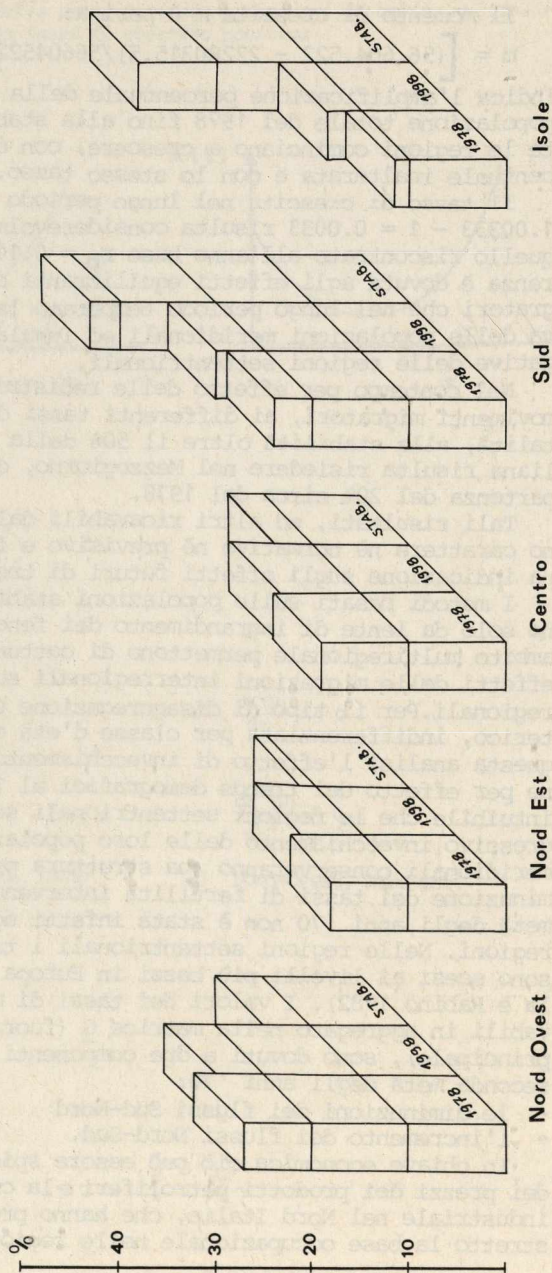
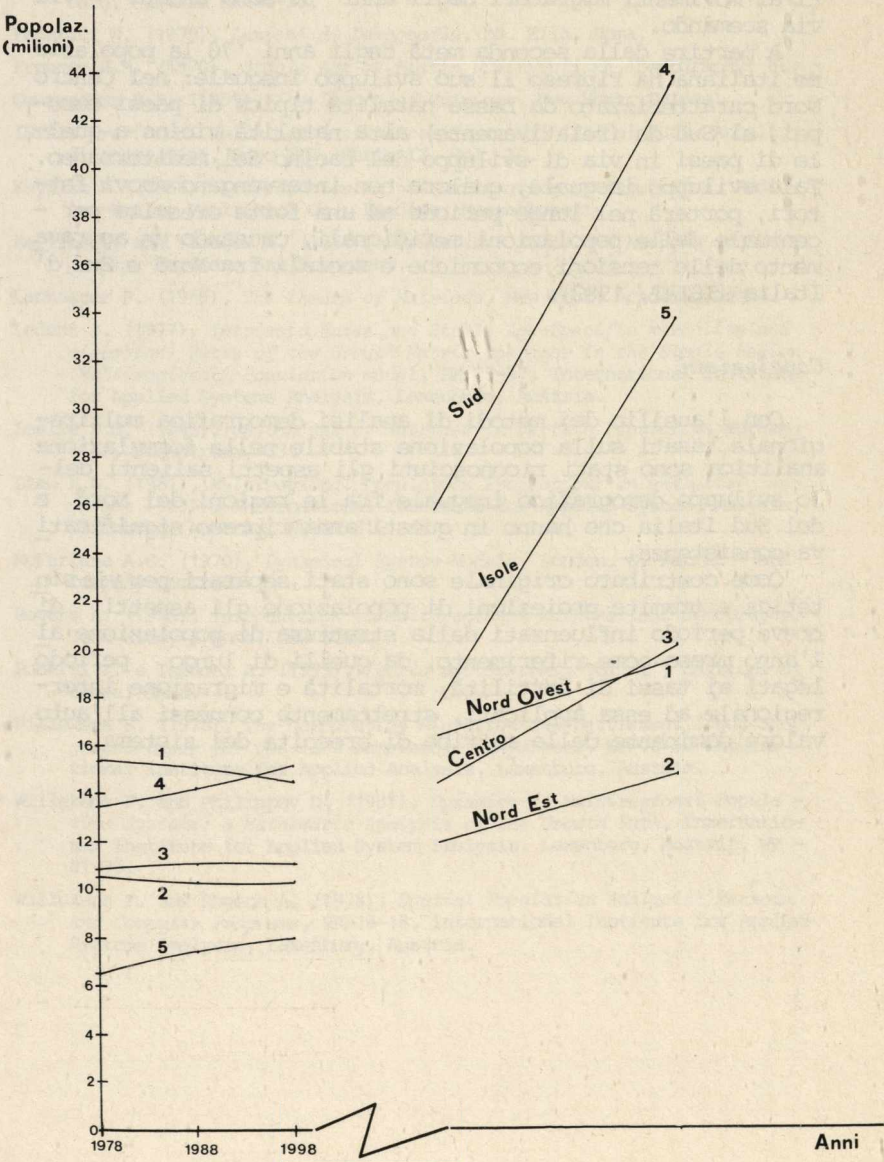


Figura 3 - Andamento della popolazione delle ripartizioni italiane



bloccando le immigrazioni e favorendo il ritorno nelle regioni di origine di un gran numero di lavoratori precedentemente immigrati.

A causa di tali fenomeni, gli effetti equilibranti dovuti ai movimenti migratori degli anni '60 sono andati via via scemando.

A partire dalla seconda metà degli anni '70 la popolazione italiana ha ripreso il suo sviluppo ineguale: nel Centro Nord caratterizzato da basse natalità tipica di paesi europei, al Sud da (relativamente) alta natalità vicina a quelle di paesi in via di sviluppo del bacino del mediterraneo. Tale sviluppo ineguale, qualora non intervengano nuovi fattori, porterà nel lungo periodo ad una forte crescita percentuale delle popolazioni meridionali, causando un aggravamento delle tensioni economiche e sociali fra Nord e Sud d'Italia (ISTAT, 1982).

Conclusioni

Con l'ausilio dei metodi di analisi demografica multiregionale basati sulla popolazione stabile nella formulazione analitica sono stati riconosciuti gli aspetti salienti dello sviluppo demografico ineguale fra le regioni del Nord e del Sud Italia che hanno in questi anni ripreso significativa consistenza.

Come contributo originale sono stati separati per via sintetica e tramite proiezioni di popolazione gli aspetti di breve periodo influenzati dalla struttura di popolazione all'anno preso come riferimento, da quelli di lungo periodo legati ai tassi di fertilità, mortalità e migrazione interregionale ad essa applicati, strettamente connessi all'autovalue dominante della matrice di crescita del sistema.

Bibliografia

- Campisi D., La Bella A. e Rabino G. (1982), *Migration and Settlement: 17 Italy*, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria RR-82-33.
- Federici N. (1979), *Lezioni di Demografia*, Ed. Elia, Roma.
- Freeney G.M. (1970), *Stable Age by Region Distributions*, Demography, 6.
- Gautmacher F.R. (1959), *The Theory of Matrices*, New York, Celsea.
- ISTAT, *Previsioni della popolazione residente dal 1986 al 2001*, Annali di statistica, Anno III, Serie IX, Vol. 2°.
- Keyfitz N. (1968), *Introduction to the Mathematics of Population*, Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Massachusetts.
- Keyfitz N. and Flieger W. (1971), *Population: Facts and Methods of Demography*, Freeman, San Francisco.
- Lankaster P. (1969), *The Theory of Matrices*, New York, Academic Press.
- Ledent J. (1977), *Intrinsic Rates and Stable Age-Specific Mortality (and migration) Rates of the Growth Matrix Operator in the Simple Region (Multiregional) Population model*, RM 77-37, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.
- Leslie P.H. (1945), *On the use of Matrices in Certain Population Mathematics*, Biometrika, 33.
- Liaw K.L. (1981), *Multiregional Population Projection: an analytic approach* (1981), International Institute for Applied System Analysis, Laxenburg, Austria, WP-81-81.
- McFarlane A.G. (1970), *Dynamical System Models*, London, G. Harrap and Company Limited.
- Rogers A. (1975), *Introduction to Multiregional Mathematical Demography*, John Wiley & Sons, New York.
- Ruberti A. e Isidori A. (1975), *Teoria dei Sistemi*, Vol. I°, Edizioni Sinderea, Roma.
- Willekens F. (1978), *The Comparative Migration and Settlement Study: Background Paper for the 1978 September Conference*, WP-78-10 International Institute for Applied Analysis, Laxenburg, Austria.
- Willekens F. and Philippov D. (1981), *Dynamics of Multiregional Population Systems: a Mathematic Analysis of the Growth Path*, International Institute for Applied System Analysis, Laxenburg, Austria, WP-81-75.
- Willekens F. and Rogers A. (1978), *Spatial Population Analysis: Methods and Computer Programs*, RR-78-18, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

MOBILITA' RESIDENZIALE: UN MODELLO DI POPOLAZIONE
SECONDO LA COMPOSIZIONE DEI NUCLEI FAMILIARI

di Laura Emanuele⁺ -Manfredo Montagnana^{*} e Franco Prizzon⁺

Sommario

Il presente lavoro propone un modello demografico in grado di descrivere l'andamento nel tempo di una popolazione suddivisa secondo il numero dei componenti i nuclei familiari. L'interesse per un simile modello discende dallo stretto legame tra le variazioni nella composizione dei nuclei familiari e la mobilità residenziale. Nell'introduzione si considera questo legame, con alcune considerazioni sul concetto di fabbisogno abitativo.

Nel primo capitolo si presenta una descrizione del problema, chiarendo le ipotesi assunte ed i conseguenti meccanismi di passaggio da una sottopopolazione ad un'altra. Nel secondo capitolo si espone la formulazione del modello; nel terzo e quarto capitolo si svolge l'analisi di una sua versione semplificata.

Nell'ultimo capitolo si indicano alcune possibilità di generalizzazione del modello stesso.

1. *Introduzione*

Il presente lavoro muove da una constatazione: la "questione della casa" configura un problema complesso, non riducibile al solo aspetto quantitativo. Le condizioni abitative non dipendono tanto dal numero di case costruite, quanto da un uso razionale delle scarse risorse pubbliche disponibili. Per uso razionale si intende qui un uso coerente con l'obiettivo tendenziale di migliorare una condizione abitativa senza dubbio negativa, che consente sprechi da un lato e situazioni di fabbisogno dall'altro (vedi Secchi,

* Dipartimento di Matematica - Politecnico di Torino - Corso Duca degli Abruzzi 24 - Torino - 10129 Italia.

+ Dipartimento Casa e Città - Politecnico di Torino - Viale Mattioli 39 - Torino - 10125 Italia.

1980; Prizzon, 1981).

Ci si propone di affrontare un particolare aspetto del problema, valutando l'andamento di una popolazione suddivisa secondo il numero dei componenti i nuclei famigliari. Ciò permette di quantificare il bisogno di mobilità della popolazione. Nella realtà le rigidità del mercato edilizio rendono impraticabile ogni spostamento, anche a costo di soffrire notevoli diseconomie. Si può parlare di diseconomie in due sensi: dal lato del fabbisogno, all'aumento dei componenti la famiglia (nascita) o alla costituzione di un nuovo nucleo (matrimonio) corrisponde una esigenza di maggior spazio abitativo, il più delle volte insoddisfatta; dal lato dello "spreco", ad una diminuzione dei componenti la famiglia (morte o matrimonio) corrisponde una esigenza di minor spazio, anche qui solitamente insoddisfatta.

L'obiettivo di una politica edilizia razionale potrebbe essere, in questo caso, quello di elevare la mobilità residenziale, in modo da rendere maggiormente coerente l'insieme famiglie e l'insieme abitazioni.

Il presente lavoro può altresì considerarsi come approccio critico al problema della valutazione del fabbisogno abitativo.

In particolare, le stime a questo relative risultano sovente essere un caso di "problema mal posto": se non si considera infatti, il patrimonio abitativo nel suo complesso, collegando al concetto di fabbisogno la necessità di mobilità residenziale, il fabbisogno stesso si dilata e si ripropone continuamente nel tempo, pur in presenza di una popolazione complessa in diminuzione.

2. Descrizione del problema.

L'obiettivo del presente lavoro è di costruire un modello demografico in grado di descrivere in modo soddisfacente l'andamento nel tempo di una popolazione, suddivisa in sottoinsiemi che rappresentano i nuclei famigliari secondo il numero dei componenti. Il modello contiene le variabili che consentono di valutare i passaggi da un nucleo ad un altro: sia la natalità e la mortalità, che determinano anche gli incrementi e i decrementi di tutta la popolazione, sia la nuzialità.

Vengono assunte le seguenti ipotesi:

H₁) la popolazione totale è una variabile aleatoria $\pi(t)$ de finita dalla distribuzione

$$P(t) = \int_0^{\infty} \rho(a, t) da, \quad t \in R_+,$$

dove $\rho(a, t)$ è la densità di probabilità secondo l'età a all'istante t ; si tratta perciò di una popolazione chiusa, dove non sono previste migrazioni;

H_2) $\pi(t)$ è divisa in cinque sottopopolazioni $\pi_1(t)$, $\pi_2(t)$, $\pi_3(t)$, $\pi_4(t)$, $\pi_5(t)$, formate dagli abitanti che vivono in nuclei, rispettivamente, di 1, 2, 3, 4, 5 componenti; il numero di elementi all'istante t di ciascuna sottopopolazione è

$$P_i(t) = \int_0^{\infty} \rho_i(a, t) da, \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, \quad t \in R_+,$$

dove $\rho_i(a, t)$ è la densità di probabilità secondo l'età a all'istante t ; le variazioni di $P_i(t)$ dipendono da morti, nascite, matrimoni;

H_3) i tassi di nuzialità, natalità, mortalità, dipendono unicamente dalle età e non dal tempo;

H_4) le variazioni di $\rho_i(a, t)$, $i = 1, 2, 3, 4, 5$, sono proporzionali a $\rho_i(a, t)$ stesso.

Osservazioni

1. L'ipotesi che non esistano nuclei con più di 5 componenti appare tendenzialmente aderente alla realtà italiana, dove va diminuendo il numero dei componenti la famiglia. In ogni caso si deve intendere che la variabile $\pi_5(t)$ si riferisce non solo alle persone che vivono in nuclei di 5 componenti, ma anche a quelli che vivono in nuclei più numerosi e che vengono trattate come se appartenessero a nuclei di 5 componenti.

2. I tassi di mortalità, natalità e nuzialità dipendono in realtà anche dal tempo, in particolare decrescono all'aumentare di t ; il fenomeno, non significativo per previsioni a tempi brevi, non verrà considerato.

Il modello viene costruito tenendo conto dei seguenti fenomeni di passaggio da una sottopopolazione ad un'altra:

- in $\pi_1(t)$ ogni perdita di un componente corrisponde ad una nascita, un matrimonio o una morte; ogni guadagno corrisponde ad una morte in $\pi_2(t)$;
- in $\pi_2(t)$ le perdite corrispondono ad una morte (2 componenti persi) o una nascita (2 componenti persi); i guadagni corrispondono a: un matrimonio in $\pi_1(t)$, $\pi_4(t)$, $\pi_5(t)$, con un componente acquisito e in $\pi_3(t)$ con 3 componenti acquisiti; ad una nascita in $\pi_1(t)$ (2 componenti acquisiti); ad una morte in $\pi_3(t)$ (2 componenti acquisiti);
- in $\pi_3(t)$ le perdite corrispondono ad una morte (3 compo

- nenti persi), un matrimonio (3 componenti persi) o una nascita (3 componenti persi); i guadagni corrispondono ad una nascita in $\pi_2(t)$ (3 componenti acquisiti), un matrimonio in $\pi_4(t)$ (3 componenti acquisiti) o una morte sempre in $\pi_4(t)$ (3 componenti acquisiti);
- d. in $\pi_4(t)$ le perdite corrispondono ad una morte, un matrimonio o una nascita (4 componenti persi); i guadagni corrispondono ad una nascita in $\pi_3(t)$, un matrimonio in $\pi_5(t)$ o una morte sempre in $\pi_5(t)$ (4 componenti acquisiti);
- e. in $\pi_5(t)$ le perdite corrispondono ad una morte o ad un matrimonio (5 componenti persi); il guadagno corrisponde ad una nascita in $\pi_4(t)$ (5 componenti acquisiti) e ad una nascita in $\pi_5(t)$ (1 componente acquisito), coerentemente all'ipotesi H_2 .

3. Formulazione del modello matematico

Conviene preliminarmente introdurre alcune notazioni:

- $\mu(a)$ densità di probabilità che definisce la variabile aleatoria "tasso di mortalità" per età;
- $\beta(a)$ densità di probabilità che definisce la variabile aleatoria "tasso di natalità" per età dei genitori;
- $\nu(a)$ densità di probabilità che definisce la variabile aleatoria "tasso di nuzialità" per età dei contraenti;
- $\rho: R \rightarrow R$ funzione vettoriale incognita le cui componenti $\rho_i(a, t)$, $i=1, 2, 3, 4, 5$, sono le densità di probabilità definite nell'ipotesi H_2 ;
- $\psi: R \rightarrow R$ funzione vettoriale le cui componenti $\psi_i(a, t)$, $i=1, 2, 3, 4, 5$, sono le densità di probabilità delle sottopopolazioni $\pi_i(t)$ relative ai nuclei con i componenti per età all'istante iniziale $t=0$;
- $\underline{B}: R \rightarrow R$ funzione vettoriale le cui componenti $B_i(t) = \rho_i(0, t)$, $i=1, 2, 3, 4, 5$, sono le densità di probabilità dei nati relativi ai nuclei con i componenti all'istante t .

Le ipotesi del capitolo precedente si traducono nel seguente modello che esprime l'equilibrio delle sottopopolazioni relative ai singoli nuclei:

$$D\rho = \frac{\partial \rho}{\partial a} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = A(a) \rho, \quad \rho(a, 0) = \underline{\psi}(a)$$

che descrive le modificazioni dovute a individui già nati all'istante $t=0$; alla (1) si deve aggiungere la seguente equazione di rinnovo:

$$\underline{B}(t) = \int_0^\infty \beta(a) \underline{\rho}(a, t) da ;$$

la matrice $A(a)$ è data da

$$A(a) = \begin{vmatrix} -(\mu+\nu) & \mu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & -2(\mu+\nu) & 2\mu+3\nu & \nu & \nu \\ 0 & 2\nu & -3(\mu+\nu) & 3(\mu+\nu) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -4(\mu+\nu) & 4(\mu+\nu) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -5(\mu+\nu) \end{vmatrix}$$

Il modello proposto fa riferimento ad un modello per popolazioni studiato da diversi autori (vedi Pollard 1973; Gurtin e MacCamy, 1979).

4. Il modello semplificato

Nel presente lavoro si utilizza una versione semplificata del modello per presentarlo ad una prima verifica. L'ipotesi semplificatrice qui adottata è la seguente: si suppone che le sottopopolazioni risentano unicamente degli effetti delle morti proprie e delle proprie perdite per matrimoni, salvo $\pi_2(t)$ per la quale si tiene conto dell'aggiunta degli individui sposati.

In questa ipotesi la matrice $A(a)$ assume la seguente forma:

$$A_s(a) = \begin{vmatrix} -(\mu+\nu) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \nu & -\mu & \nu & \nu & \nu \\ 0 & 0 & -(\mu+\nu) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -(\mu+\nu) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -(\mu+\nu) \end{vmatrix}$$

Tenuto conto della forma della matrice $A_s(a)$ si riconosce che quattro delle equazioni sono indipendenti, e solo la seconda contiene tutte le densità $\rho_i(a, t)$ $i=1, 2, 3, 4, 5$.

Gli effetti degli scambi tra le sottopopolazioni vengono conteggiati nel loro complesso alla fine del periodo $(0, T)$ di osservazione.

Se il sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali (1)-(2) con $A_s(a)$ in luogo di $A(a)$ viene integrato lungo le caratteristiche, si ottiene la seguente formulazione per il modello considerato:

$a > t > 0$

$$\begin{cases} \rho_i(a, t) = m(a-t, a) n(a-t, a) \psi_i(a-t), & i=1, 3, 4, 5 \\ \rho_2(a, t) = [\psi_2(a-t) + \sum_{i \neq 2} \int_{a-t}^a n(a-t, a) \nu(a-t) \psi_i(a-t) da] m(a-t, a), \end{cases} \quad (3)$$

dove

$$m(a_0, a) = e^{-\int_{a_0}^a \mu(\alpha) d\alpha}, \quad n(a_0, a) = e^{-\int_{a_0}^a \nu(\alpha) d\alpha};$$

$t > a > 0$

$$\begin{cases} \rho_i(a, t) = m(0, a) n(0, a) B_i(t-a), & i=1, 3, 4, 5, \\ \rho_2(a, t) = m(0, a) \{B_2(t-a) + \sum_{i \neq 2} \int_0^a \nu(t-a) n(0, a) B_i(t-a) da\}; \end{cases} \quad (4)$$

dove le funzioni $B_i(t)$, $i=1, 2, 3, 4, 5$, soddisfano le equazioni integrali di Volterra di seconda specie:

$$B_i(t) = \int_0^t K_i(t-a) B_i(a) da + f_i(t), \quad i=1, 2, 3, 4, 5, \quad (5)$$

con

$$\begin{cases} K_i(x) = m(0, x) n(0, x) \beta(x), & i=1, 3, 4, 5, \\ K_2(x) = m(0, x) \beta(x) \end{cases},$$

e con

$$\begin{aligned} \begin{cases} f_1(t) = \int_0^\infty m(a, a+t) n(a, a+t) \beta(a+t) \psi_1(a) da & i=1, 3, 4, 5, \\ f_2(t) = \int_0^t \beta(a) m(0, a) \{ \sum_{i \neq 2} \int_0^a \nu(t-a) n(0, a) B_i(t-a) da \} da + \\ + \int_t^\infty \beta(a) m(a-t, a) \{ \psi_2(a-t) + \sum_{i \neq 2} \int_{a-t}^a \nu(a-t) n(a-t, a) \psi_i + \\ (a-t) da \} da. \end{cases} \end{aligned}$$

Osservazioni.

1. La precedente formulazione distingue, in ogni istante $t > 0$, le età $a > t$: per le prime il modello fornisce la distribuzione a partire direttamente dalle condizioni iniziali $\rho_i(a, 0) = \psi_i(a)$; per le seconde si tiene conto che esse corrispondono ai nati nell'intervallo di tempo $(0, t)$ e quindi forniscono il rinnovo delle sottopopolazioni $\pi_i(t)$ e dell'intera popolazione $\pi(t)$.
2. Le funzioni $m(a, a)$ e $n(a, a)$ rappresentano la probabilità che un individuo di età a_0 viva o non si sposi fino all'età $a > a_0$.

5. Analisi matematica del modello semplificato

Le soluzioni delle equazioni integrali (5) consentono di determinare la soluzione del modello (3)-(4) proposto. L'analisi del modello si basa soprattutto sul fatto che le equazioni integrali (5) sono del tipo di convoluzione e che pertanto è conveniente utilizzare la trasformata di Laplace (vedi Cushing, 1981).

Indichiamo con

$$\hat{B}_i(s) = \int_0^\infty e^{-st} B_i(t) dt, \quad ,$$

$$\hat{K}_i(s) = \int_0^\infty e^{-st} K_i(t) dt, \quad ,$$

$$\hat{f}_i(s) = \int_0^\infty e^{-st} f_i(t) dt, \quad ,$$

le trasformate di Laplace rispettivamente di $B_i(t)$, $K_i(t)$, $f_i(t)$. Applicando il teorema di convoluzione si ottiene

$$\hat{B}_i(s) = \hat{f}_i(s) + \frac{\hat{K}_i(s)}{1 - \hat{K}_i(s)} \hat{f}_i(s),$$

e si riconosce che la funzione

$$\hat{Q}_i(s) = \frac{\hat{K}_i(s)}{1 - \hat{K}_i(s)}$$

è la trasformata di Laplace di

$$q_i(t) = K_i(t) + \sum_{n=2}^{\infty} [K_i(t)]^n, \quad ,$$

dove

$$[K_i(t)]^2 = \int_0^t K_i(\tau) K_i(t-\tau) d\tau, \quad ,$$

$$[K_i(t)]^n = \int_0^t [K_i(\tau)]^{(n-1)} K_i(t-\tau) d\tau$$

E' ora possibile enunciare il seguente

Teorema

Fissato $t \in R_+$, se $f_i(t)$ è integrabile in $(0, T)$ e $K_i(t)$

è integrabile e limitata in $(0, T)$, allora le equazioni integrali (5) ammettono le soluzioni:

$$B_i(t) = f_i(t) + \int_0^t q_i(t-\tau) f_i(\tau) d\tau, \quad 0 < t < T$$

Le serie che definiscono le funzioni $q_i(t)$ convergono assolutamente ed uniformemente in $(0, T)$.

E' possibile ottenere approssimazioni numeriche delle soluzioni del modello (3)-(4) e (5) nel seguente modo: prima si determina numericamente la soluzione del sistema (5) e quindi si tabulano le funzioni definite dalle espressioni (3)-(4). Più precisamente, per risolvere l'equazione integrale di Volterra si può seguire un procedimento (vedi Tricomi, 1958) che considera la risoluzione di tali equazioni come una generalizzazione della risoluzione di un sistema di equazioni algebriche lineari, nell'ipotesi che i dati del problema siano discreti.

6. Conclusioni

E' stata condotta una esemplificazione numerica relativa al Comune di Torino che ha confermato l'agibilità del modello ma, al contempo, ha evidenziato alcuni limiti dell'ipotesi semplificatrice adottata. Gli andamenti delle variabili $P_i(t)$ hanno confermato comunque quanto ci si attendeva, cioè l'elevata mobilità tra le varie sottopopolazioni e la particolare importanza della densità ρ_2 , conseguente alla presenza della nuzialità.

Ricordando che, se si considera la matrice $A(a)$ nella sua forma originale anzichè in quella semplificata $A_s(a)$, la traduzione del modello nelle equazioni (3)-(4) e (5) non è più possibile in generale, la prima ipotesi di lavoro consiste proprio nel superare il modello semplificato.

Un'altra interessante generalizzazione potrebbe essere la introduzione del tasso di natalità $\beta(a)$ direttamente nella matrice $A(a)$, rinunciando all'equazione di rinnovo.

Ancora, mentre non sembra ragionevole supporre che il tasso di nuzialità $v(a)$ vari da una sottopopolazione all'altra. Considerazioni analoghe possono valere per il tasso di natalità.

Bibliografia

- Cushing J.M. (1981), *Volterra integrodifferential Equations in Populations Dynamics*, in C.I.M.E. Mathematics of Biology, II° ciclo 1979, ed. Liguori, Napoli.
- Gurtin M.E. e MacCamy R.C. (1979), *Population dynamics with age dependence*, in Nonlinear analysis and mechanics: Heriot-Watt Symposium, Vol. III°, ed. Pitman.
- Pollard J.H. (1973), *Mathematical models for the growth of human populations*, Cambridge Un. Press, Cambridge.
- Prizzon F. (1981), *Un mercato pubblico all'interno dell'attuale legislazione*, Laboratorio Piemonte, 3-4.
- Secchi B. (1980), *La politica edilizia in Italia: una interpretazione*, Problemi della transizione, 5.
- Tricomi F.G. (1958), *Equazioni integrali*, Ed. Cedam; Padova.

UN MODELLO REGIONALE DEGLI INVESTIMENTI IN ABITAZIONI PER IL VENETO

di Mariolina Toniolo e Tommaso Di Fonzo *

Sommario

Un modello del mercato regionale delle abitazioni, del tipo di quello di Muth (1960), che ipotizza l'equilibrio con correnziale, viene applicato ad una regione "periferica", in cui domanda e offerta si presentano molto frammentate.

Al modello originario vengono apportate alcune modifiche per tener conto della realtà italiana. Di ciascuna variabile, vengono ipotizzate più versioni alternative, tra le quali la selezione viene effettuata mediante regressione "stepwise".

La soluzione accettata, in cui tutti i parametri risultano statisticamente significativi, mostra buone capacità previsive ex-post e ex-ante, prefigurando una forte caduta degli investimenti in abitazioni.

1. Scopo del lavoro e metodo seguito

Non abbondano, in Italia, gli studi previsti sugli investimenti in abitazioni a livello regionale. Eppure la materia-interamente delegata alle Regioni, come molte altre con cui interferisce - gioca un ruolo rilevante in più di un piano regionale, tra cui certamente quello veneto (legge r. n. 11/1979).

Forse la prossimità al problema delle condizioni abitative ha potuto creare, in questa materia, una certa confusione tra obiettivi di piano e realistiche previsioni.

In realtà, le Regioni non possono programmare direttamente la quantità di abitazioni da produrre di anno in anno, dato il peso estremamente esiguo del settore pubblico in questo campo nel nostro paese. Possono solo agire con strumenti indiretti. E' dunque opportuno che conoscano la quan-

* Istituto Regionale di Studi e Ricerche Economico-sociali del Veneto - S. Marco, 4023 - 30124 Venezia

tità di investimenti in abitazioni prevedibile, nelle condizioni date; da quali fattori prevalenti essa dipende e come potrebbe variare modificando i fattori suscettibili di controllo da parte delle Regioni.

Per costruire un modello si possono seguire tante strade. Si può trovarne uno già pronto (meglio se non pubblicato), collaudato per lo più all'estero, e applicarlo brutalmente alla propria situazione. Nel caso del mercato delle abitazioni l'operazione presenta alcune complicazioni: infatti l'importanza dei fattori istituzionali in questo campo rappresenta un ostacolo al trasferimento dei modelli da un paese all'altro.

Ma un modello adatto si può trovare e può succedere che funzioni. Non si saprà mai perché.

Più semplicemente, si può ipotizzare una relazione (preferibilmente lineare) tra la variabile dipendente ed un gran numero di variabili potenzialmente "esplicative"; operare tra queste una selezione mediante la "*stepwise regression*" o tecniche analoghe. Le attuali risorse del calcolo elettronico sono tali da garantire che si trovi sempre una combinazione di variabili indipendenti tale da fornire una regressione statisticamente accettabile. Non è escluso che i risultati siano interessanti: la loro spiegazione è affidata alla fantasia dei ricercatori.

All'opposto, sarebbe più rigoroso partire dalla costruzione di una teoria, che spieghi in termini economici il fenomeno, per poi passarne alla verifica empirica. E' certamente questa la strada più brillante dal punto di vista scientifico, ma non sempre quella che offre i migliori risultati pratici, perché la lunghezza del percorso moltiplica i rischi di errori.

In particolare, la difficoltà di reperire dati adeguati può frustrare la verifica empirica anche dei migliori schemi teorici. Non è esagerato affermare che, questo dei dati, molto spesso è il problema più arduo nella costruzione di un modello.

Ciò un po' dovunque, ma in Italia in particolare. Perciò, se lo scopo che ci si prefigge è una simulazione aderente alla realtà e non in primo luogo un contributo al progresso scientifico, può essere giustificato un modo di procedere più empirico, in cui la teoria può subire qualche forzatura a favore dell'uso corretto dei dati disponibili.

La linea da noi seguita può essere descritta come un compromesso di questo tipo. Partendo da conoscenze già acquisite sulla realtà da descrivere, cioè il mercato delle abitazioni nel Veneto, si è formulata un'ipotesi di relazione tra investimenti in abitazioni e variabili esplicative, parten-

do da quelli, tra gli esempi di modelli già collaudati, che apparivano appropriati alla realtà in esame, introducendole varianti che la situazione sembrava richiedere. Con questo procedimento si è arrivati ad individuare, delle variabili esplicative, solo il contenuto in termini abbastanza vaghi ed il segno atteso. Per più d'una di esse erano ipotizzabili diverse versioni, ciascuna delle quali in sede teorica presentava vantaggi e svantaggi. La selezione tra diverse versioni è avvenuta empiricamente, mediante "*stepwise regression*" applicata all'insieme di tutte quelle che a priori si ipotizzavano valide, con il vincolo che per ciascuna delle variabili esplicative comparisse una e una sola versione, con il segno atteso.

Con questo metodo si ottengono risultati che, pur non potendo essere generalizzati, appaiono compatibili con una spiegazione teorica plausibile.

2. Il mercato delle abitazioni nel Veneto

Il mercato immobiliare è, per sua natura, difficilmente schematizzabile in termini di concorrenza perfetta.

La natura stessa del bene, rigidamente ubicato e poco deperibile; il fatto che il crescere delle attività extragricole comporti quasi ineluttabilmente l'aumento di valore delle aree urbane; condizioni storiche (il fatto che non siano del tutto dissolti i grandi patrimoni terrieri del passato) e istituzionali (il fatto che le autorità locali possano decidere la destinazione e l'intensità d'uso di aree, che tutta via permangono di proprietà privata): queste ed altre circostanze rendono possibili comportamenti di tipo oligopolistico.

Essi hanno tanta probabilità di verificarsi, quanto maggiore è il gradiente dei prezzi delle aree: cioè in presenza di forti agglomerazioni e con costi di trasporto (costi complessivi: monetari, di tempo e disagio) elevati. In tal caso, infatti, è più probabile che un gruppo ristretto di proprietari detenga, anche se non una grande estensione di superficie utilizzabile, una quota elevata del mercato.

Poche regioni italiane si allontanano da tali condizioni più del Veneto: la sua struttura insediativa, infatti, come e anche più di quella delle altre regioni dell'Italia nord-orientale, è molto poco polarizzata; quasi il 60 per cento della superficie regionale giace in pianura ed è fittamente infrastrutturato, il che contribuisce a creare condizioni di buona sostituibilità tra le diverse ubicazioni, abbassando i tempi di spostamento; la proprietà del suolo è e -

stremamente frazionata: in tutta la regione, ma soprattutto nell'area circostante i maggiori centri urbani¹.

Riteniamo siano state soprattutto queste condizioni ambientali a determinare, nel mercato delle abitazioni del Veneto, caratteri che si avvicinano molto a quelli della concorrenza perfetta. Le imprese di costruzione, di dimensione inferiore alla media nazionale e organizzate prevalentemente come impresa individuale, si limitano in genere alla costruzione e immediata commercializzazione degli edifici. Minima è, nel Veneto, la presenza di grandi società immobiliari ed anche degli investitori istituzionali; è molto diffusa, invece, la piccola proprietà. I cantieri sono, mediamente, di dimensioni molto piccole. Molto diffusa appare - anche se non disponiamo di indagini sull'esatta estensione del fenomeno - l'autocostruzione, cioè la costruzione dello alloggio per iniziativa diretta del destinatario finale, senza alcuna intermediazione e spesso perfino senza ricorso al credito².

Un mercato di questo tipo, insomma, sembra approssimare abbastanza bene il modello teorico dell'equilibrio concorrenziale.

Questa circostanza, permettendo di ipotizzare relazioni molto semplici tra le variabili, consente di tentare la costruzione di un modello regionale che altrimenti, in Italia, cozzerebbe contro la carenza di dati attendibili.

Ci è parso, dunque, di poter abbastanza bene schematizzare un mercato come quello del Veneto mediante un modello del tipo di quello formulato da Muth (1960), che rappresenta il capostipite da cui molti altri, non sempre migliori, derivano (cfr. Lee 1964, Houthakker and Taylor 1966, etc.), utili - lizza "inputs" disponibili anche in Italia alla scala regionale e non pone un accento eccessivo su variabili non manovrabili strategicamente a tale scala.

Alla formulazione originaria del modello sono state, naturalmente, apportate alcune modifiche al fine di adattarlo all'applicazione al Veneto.

3. La struttura del modello

Come è noto, nel modello di Muth gli investimenti pro-capite (i) sono tali da aggiustare, con un certo ritardo temporale, lo stock pro-capite (s) esistente a quello domanda to (Equazione 3).

La domanda, (d) in base all'ipotesi che il consumatore massimizzi la propria utilità soggetto ad un vincolo di bilancio, è funzione del reddito (y), dei prezzi delle abita-

zioni (p) e della disponibilità di credito (r). L'Equazione (2) di offerta, invece, deriva da un'ipotesi di massimizzazione del profitto da parte degli investitori; essa quindi fa dipendere gli investimenti dal prezzo di vendita dell'abitazione e dal suo costo di costruzione (c).

Nella forma strutturale il modello è dunque:

$$d_t = a_1 + a_2 y_t + a_3 p_t + a_4 r_t \quad (a_2 > 0, a_3 < 0, a_4 > 0) \quad (1)$$

$$i_t = b_1 + b_2 p_t + b_3 c_t \quad (b_2 > 0, b_3 < 0) \quad (2)$$

$$d_t = i_t + s_{t-1} \quad (3)$$

L'identità (3) consente di ridurre il modello ad un'unica equazione, nella quale gli investimenti sono funzione lineare del reddito, del costo del denaro, del costo di costruzione e dello stock. Precisamente:

$$i_t = B_1 + B_2 y_t + B_3 r_t + B_4 c_t + B_5 s_{t-1} \quad (4)$$

dove:

$$B_1 = (a_3 b_1 - a_1 b_2) / (a_3 - b_2)$$

$$B_2 = -a_2 b_2 / (a_3 - b_2) > 0$$

$$B_3 = -a_4 b_2 / (a_3 - b_2) > 0$$

$$B_4 = a_3 b_3 / (a_3 - b_2) < 0$$

$$B_5 = b_2 / (a_3 - b_2) < 0$$

Questa forma ridotta - che ha il vantaggio di far scomparire la variabile prezzo, per la quale non esistono in Italia statistiche attendibili³ - non consente, purtroppo, di testare ipotesi di disequilibrio o aggiustamento parziale.

Essa consente, invece, di calcolare l'elasticità della domanda al reddito, definita come $E_y = (\partial d / \partial y) (\bar{y} / \bar{d})$ perchè $\partial d / \partial y = a_2 = -B_2 / B_5$.

Secondo alcuni autori (cfr. Fair, 1972 e Maisel, 1963) il disequilibrio sarebbe condizione permanente del mercato delle abitazioni, dovuta al fatto che necessariamente un lungo lasso di tempo intercorre tra la decisione di costruire e la definitiva disponibilità del bene. Nella necessità di trascurare questa obiezione, la cui importanza è del resto controversa⁴, ci siamo confortati ritenendo che in una situa-

zione come quella veneta, caratterizzata da piccole iniziative e da minima presenza dell'intermediazione e del credito, il problema fosse meno rilevante che altrove e potesse essere affrontato mediante un'opportuna specificazione delle variabili.

Il modello, nella formulazione originaria, non tiene conto dell'intervento pubblico. In realtà questo, che complica notevolmente modelli concepiti per altre realtà europee (cfr. Awan, 1978; Kirwan e Martin, 1970), in Italia non sembra essere di tale entità da incidere significativamente sul mercato.

Esso si articola fondamentalmente in tre direzioni: la costruzione di alloggi, le agevolazioni indirette e gli interventi puramente normativi.

La costruzione di alloggi con totale finanziamento a carico dello Stato assume (in tutta Italia, ma nel Veneto in particolare) dimensioni così esigue, da non poter influenzare in alcun modo la domanda di alloggi costruiti da privati: in media negli anni campione (1963-1981) nel Veneto gli investimenti privati hanno rappresentato il 95,9 per cento degli investimenti in abitazioni. In teoria, una procedura corretta per tenerne conto sarebbe quella di detrarre gli investimenti pubblici da quelli totali, in modo da lasciare endogeni solo quelli privati, mantenendo tuttavia il patrimonio pubblico nella variabile "stock". In pratica, la cattiva qualità dei dati ufficiali concernenti gli investimenti pubblici in abitazioni rende molto dubbia l'utilità di tale procedura. Altrettanto esiguo è l'apporto del credito agevolato⁵.

Le forme indirette di agevolazione al settore, quali la esenzione fiscale, sembrano essere state troppo generalizzate e prolungate nel tempo per avere un'influenza significativa sul funzionamento del modello.

Tra gli interventi normativi, sembra aver alterato notevolmente le condizioni da noi ipotizzate la "legge ponte" (n. 765 del 1967), che, concedendo un anno di moratoria prima della sua entrata in vigore, provocò un "boom" artificiale tale da alterare il ciclo edilizio per parecchi anni⁶. Per tener conto di tale fenomeno è stata introdotta una variabile "dummy".

Un'altra probabile distorsione, rispetto allo schema teorico ipotizzato dal modello, può derivare dal fatto che, in tutto il periodo in esame, sono state operanti forme di controllo degli affitti.

Il modello originario, con l'equazione (3), ipotizza che l'offerta di abitazioni, che gli investimenti mantengono in equilibrio con la domanda, sia rappresentata dall'intero

"stock".

Il blocco dei fitti, in realtà, fa sì che solo una parte dello "stock" sia effettivamente sul mercato. Abbiamo pensato, dunque, che l'effetto del blocco dei fitti potesse essere rappresentato da un'opportuna specificazione della variabile "stock".

Infine si può osservare che il modello è molto aggregato.

In effetti, il mercato delle abitazioni è meglio rappresentabile come segmentato in sottomercati (per titolo di godimento, qualità, dimensione ed ubicazione). Tenerne conto complica molto il problema. In alcuni modelli si esplicitano solo le disaggregazioni più importanti: tipicamente quella tra abitazioni destinate all'occupazione in proprietà o in affitto (cfr. Houthakker e Taylor, 1966).

A nostro modo di vedere questa distinzione non è molto importante in Italia, dove, per la lunghissima permanenza del controllo degli affitti, l'investimento in abitazioni non viene deciso in funzione del reddito corrente che si può trarne, quanto della rivalutazione del capitale (De Panfilo 1974), criterio applicabile anche all'abitazione occupata in proprietà. Quindi, più che a complicate disaggregazioni del modello, si può pensare all'introduzione di una variabile che esprima dal lato della domanda l'eventuale effetto di attese di incrementi di prezzo: anche se i caratteri del mercato veneto fanno supporre una prevalenza di comportamenti dettati dal valore d'uso dell'abitazione, i prezzi immobiliari sono cresciuti, in termini relativi, così velocemente nel periodo-campione da incoraggiare comportamenti speculativi⁷. Sarà affidata alla verifica empirica la significatività di variabili che esprimano tali fenomeni.

Per quanto riguarda il livello territoriale, che nel nostro caso è quello di una regione con oltre 4 milioni di abitanti, è chiaro che esso è molto ampio ai fini di numerose applicazioni e che il fatto stesso di trattare il mercato come unitario rappresenta una forzatura. Tuttavia l'assoluta impossibilità di ottenere dati attendibili su variabili comunque indispensabili, come il reddito, impone che la necessaria disaggregazione subregionale avvenga utilizzando strumenti diversi da questo.

Per ragioni di disponibilità di dati, il modello è stimato su base annuale. Esso consente, dunque, previsioni a uno-due anni, che è un termine appropriato per la programmazione regionale: infatti i piani di intervento pubblico in edilizia residenziale (secondo la legge n. 457 del 1978) si articolano in progetti biennali.

Tabella 1 - Variabili individuate dal modello teorico e rispettive versioni alternative testate

i = Investimenti in abitazione pro-capite (variabile dipendente)

INVP = investimenti globali (migliaia di lire 1970)

INVPP = investimenti privati (migliaia di lire 1970)

y = Reddito pro-capite

PILP = prodotto interno lordo ai prezzi di mercato (migliaia di lire 1970)

c = Costo di costruzione

CCOSTI = numero indice del costo di costruzione di un fabbricato residenziale-tipo, comprensivo del costo dell'area, delle spese generali e, dal 1978, degli oneri di urbanizzazione

CCOSTP = numero indice del costo di costruzione come sopra, deflazionato mediante il deflatore implicito del PIL

ECOSTP = costo di costruzione estrapolato in base ai due anni precedenti

r = Costo del denaro

ROBEL = rendimento medio annuo percentuale delle obbligazioni

VROBEL = rendimento medio annuo percentuale delle obbligazioni in termini reali

s = Stock di abitazioni pro-capite

STOCAP = numero delle abitazioni esistenti pro-capite, moltiplicato per il valore dell'abitazione media nel 1970

STOCSP = numero delle stanze di abitazione esistenti pro-capite moltiplicato per il valore per stanza dell'abitazione mediana nel 1970

STOP98 = valore dello stock di abitazioni aggiornato in base agli investimenti e deprezzato del 2 per cento annuo

VNOCCP = numero delle abitazioni non occupate pro-capite, moltiplicato per il valore dell'abitazione media nel 1970

l = Effetto della legge-ponte

DUM68 = 1 nel 1968, 0 tutti gli altri anni

DUM84 = 1 dal 1968 al 1974, 0 tutti gli altri anni

DUM94 = 1 dal 1969 al 1974, 0 tutti gli altri anni (ammessa solo in abbinamento a DUM68)

e = Incremento dei costi (variabile accessoria)

DCOSTI = incremento percentuale dell'indice assoluto del costo di costruzione

DCOSTP = incremento percentuale dell'indice relativo del costo di costruzione

DROBEL = incremento percentuale del costo del denaro

DDEFIP = incremento percentuale del deflatore implicito del reddito

i_{t-1} = Investimenti ritardati (variabile accessoria)

INVPP1 = investimenti in abitazioni pro-capite nell'anno $t-1$

4. I dati utilizzati

Nella formulazione di Muth la variabile dipendente era il numero di abitazioni iniziate. Noi abbiamo preferito sostituirla con gli investimenti in abitazioni, per due ragioni. In primo luogo, gli investimenti comprendono non solo quelli in edilizia nuova ma anche nella riabilitazione di edifici esistenti, che, soprattutto negli ultimi anni, sembra aver assunto un peso notevole (ANCE, 1980). Inoltre, la variabile investimenti consente di tener conto della mutata (crescente) dimensione media e qualità delle abitazioni, che di anno in anno vengono costruite.

Infine, esiste una ragione banale ma tutt'altro che trascurabile: il numero delle abitazioni (progettate, iniziate o ultimate) pubblicato dall'ISTAT contiene errori di tale entità⁸ da non poter essere in alcun modo utilizzati, oltre a presentare un'importante discontinuità nelle modalità di rilevazione tra il 1979 e il 1980; gli investimenti, invece, vengono stimati dall'ISTAT per via indiretta nell'ambito della contabilità nazionale e godono fama di essere più attendibili, anche se probabilmente, alla luce del censimento del 1981, la serie degli anni '70 dovrà essere ricalcolata come già avvenne per quella degli anni '60.

Per coerenza, se non altro formale, con la scelta della variabile dipendente, anche le altre, se non sono numeri puri, vengono espresse in termini monetari; costanti (base 1970), dati i problemi di multicollinearità che si sarebbero verificati inevitabilmente lavorando a prezzi correnti in un periodo di elevata inflazione⁹.

Gli investimenti in abitazioni stimati dall'ISTAT comprendono sia quelli privati sia i pubblici. In teoria, come si è detto, questi ultimi dovrebbero essere esogeni; in pratica si verificano alcune difficoltà. Per gli investimenti pubblici, infatti, esistono stime ufficiali solo a livello nazionale ed anche queste non sono perfettamente confrontabili con quelle degli investimenti globali. La disaggregazione regionale, poi, è dovuta ad una nostra stima. Dubitando della bontà di questa e tenendo presente la modesta incidenza degli investimenti pubblici sul totale, abbiamo ritenuto opportuno provare il modello in due versioni, una riferita agli investimenti complessivi ed una ai soli privati.

Tutte le grandezze che non sono numeri puri sono espresse in valore pro-capite. Ciò è coerente con il fatto che i fattori demografici esercitano un'influenza - largamente provata e, del resto, ovvia - sulla costruzione di abitazioni; d'altra parte, l'introduzione esplicita di variabili demo -

grafiche avrebbe alterato la coerenza microeconomica delle relazioni ipotizzate¹⁰.

Del costo di costruzione, oltre alla versione correntene è stata testata una estrapolata, la quale scaturisce dall'ipotesi che la decisione se costruire derivi da una stima del probabile costo finale in base alle informazioni disponibili nel momento in cui viene assunta.

Abbiamo inoltre provato sia il valore relativo al prezzo degli altri beni, sia il semplice numero indice espresso in termini correnti, perchè il crescere del costo di costruzione può essere di per sé un ostacolo all'accesso al bene-casa da parte delle famiglie, indipendentemente dal confronto con impieghi alternativi del risparmio.

Il fattore "credito", che nella versione originaria era rappresentato dall'ammontare dei mutui disponibili (con segno positivo) è sostituito da noi con il costo del denaro (segno negativo). Negli Stati Uniti, infatti, sono generalizzate forme di credito a tassi preferenziali, alle quali l'accesso è limitato dalla disponibilità di fondi, mentre in Italia sono esclusivamente i tassi praticati a razionare di fatto il credito all'edilizia. Il costo dei mutui, disponibile sono per un numero limitato di anni¹¹, è bene approssimato dal rendimento delle obbligazioni, che tra l'altro fornisce un'indicazione sintetica sul rendimento corrente di una semplice forma alternativa d'impiego del denaro e perciò rappresenta efficacemente una situazione in cui larga quota della produzione è autofinanziata.

Delle variabili reddito, costo di costruzione e costo del denaro abbiamo saggiato anche versioni ritardate di uno o due periodi, perchè è ragionevole ipotizzare un certo lasso di tempo tra informazioni, decisioni ed effettivi investimenti.

Per lo "stock" di abitazioni abbiamo formulato quattro versioni: valore delle abitazioni pro-capite, valore delle stanze pro-capite, valore dello "stock" aggiornato in base agli investimenti e tenuto conto dell'obsolescenza, valore delle abitazioni non occupate pro-capite.

Le prime due versioni, le più ovvie, tengono conto rispettivamente del fatto che l'abitazione è un bene, nel breve periodo, indivisibile e d'altra parte in tutto il periodo campione la dimensione media è continuamente aumentata. La terza versione (dovuta a Conway e Howard, 1980) ha il merito della coerenza con la variabile dipendente "investimenti"; essa aggiorna il valore iniziale dello stock pro-capite con il metodo dell'inventario permanente, aggiungendo gli investimenti ed applicando un tasso di obsolescenza del 2 per cento.

La quarta versione è coerente con l'ipotesi che, a causa da un lato delle leggi a tutela degli inquilini, dall'altro della resistenza a cambiar casa da parte di coloro che occupano l'abitazione in proprietà, solo una parte dello "stock" possa considerarsi potenzialmente offerto. In mancanza di informazioni migliori, senza dubbio si può assumere che le abitazioni non occupate - anche quelle di vacanza - rappresentino la frazione dello "stock" che meno risente di vincoli extra-economici¹².

Di fatto si è riscontrato che, delle quattro versioni da noi formulate per esprimere lo "stock", solo quest'ultima differisce sensibilmente da un semplice "trend".

La variabile "dummy", che esprime l'effetto della legge-ponte, ha tre versioni alternative: una riferita al 1968; un'altra a tutto il periodo 1968-74, periodo in cui si è continuato a risentire degli effetti della legge (Ricci, 1975); la terza costituita dalla combinazione di una "dummy" 1968=1 ed un'altra per gli anni 1969-74 (questa ultima componente, con segno indifferentemente positivo o negativo). E' chiaro che, a priori, la nostra preferenza va alla prima versione, perchè gli effetti diretti della legge-ponte riguardavano solo il 1968 e sarebbe auspicabile che il modello avesse in sé la capacità di spiegare gli effetti indiretti.

In aggiunta a queste variabili, considerate necessarie al rispetto delle relazioni microeconomiche ipotizzate, abbiamo provato ad introdurre, in via di ipotesi, altre due, la cui accettazione da parte della "stepwise" non appare necessaria alla coerenza del modello.

Una vuole testare l'ipotesi che sul comportamento degli investitori influisca una componente speculativa, legata ad attese inflazionistiche; le versioni alternative di questa variabile, il cui segno atteso è sempre positivo, esprimono rispettivamente la perdita di potere d'acquisto della moneta, l'inflazione specifica del settore delle costruzioni e l'incremento del costo del denaro. L'altra è costituita dagli investimenti relativi all'anno $t-1$. La sua introduzione è suggerita dal fatto di aver usato, come variabile dipendente, gli investimenti. Questi, infatti, a differenza del numero delle abitazioni progettate, si distribuiscono nel tempo in funzione della durata del cantiere - in media, nel Veneto, circa 10 mesi - dando luogo ad un effetto di trascinamento. Il segno atteso, anche in questo caso è positivo.

In sintesi, rispetto alla versione dovuta a Muth, l'Equazione 4 diventa:

$$i_t = B_1 + B_2 y_t + B_3 c_t + B_4 r_t + B_5 s_{t-1} + B_6 l + B_7 e_t + B_8 i_{t-1}$$

$$(B_2 > 0; B_3 < 0; B_4 < 0; B_5 < 0; B_6 > 0; B_7 > 0; B_8 \geq 8)$$

dove:

- i = investimenti pro-capite in abitazioni
- y = reddito pro-capite
- c = costo di costruzione
- r = costo del denaro
- s = valore pro-capite dello stock di abitazioni
- l = effetto della "legge ponte" (*dummy*)
- e = incremento dei costi

La Tabella 1 sintetizza, per ciascuna delle variabili esplicative individuate dal modello teorico, le eventuali versioni alternative testate.

5. I risultati ottenuti

La selezione tra le versioni alternative di ciascuna variabile è stata operata mediante "*stepwise regression*", secondo la procedura automatica fornita dal "*package*" SPSS¹³. Una soluzione veniva considerata ammissibile se, oltre a mostrare livelli adeguati di significatività per i parametri, conteneva una e una sola versione di ciascuna delle variabili considerate "necessarie" (cioè: reddito, costo del denaro, costo di costruzione, stock e *dummy*) e se i segni erano quelli attesi, sia per le variabili "necessarie" sia per le "accessorie" che eventualmente comparissero.

Come variabile dipendente si sono considerati sia gli investimenti complessivi, sia i soli privati.

I primi tentativi hanno registrato la scarsa attendibilità statistica del parametro associato alla variabile costo del denaro. L'analisi del campione di dati condotta secondo l'approccio di Farrar e Glauber (1967) ha confermato la presenza di problemi di multicollinearità; in particolare legati alla compresenza di questa variabile con il costo di costruzione, anche nella versione ritardata di un anno.

Si deve dunque concludere che, nel caso del Veneto e nel periodo campione, le due variabili avendo presentato un andamento analogo, una - preferibilmente il costo di costruzione - può rappresentare entrambe e dunque le variabili da considerarsi "necessarie" rispetto allo schema microeconomico ipotizzato a-priori diventano quattro. Abbiamo scartato l'ipotesi di costruire una variabile secondaria, depurata dell'influenza del costo del denaro, perchè il suo significato economico sarebbe risultato di comprensione meno immediata.

Questa soluzione, suggerita da problemi di stima dell'equazione, non sembra tuttavia inopportuna nemmeno sotto il

profilo della coerenza economica. Infatti la correlazione tra le due variabili è così elevata ($R^2 = 0,9203$) da suggerire il sospetto che non si tratti di una pura coincidenza verificatasi nel periodo campione. Le interpretazioni che la fantasia suggerisce sono molteplici e potrebbe essere interessante provare a verificarle; comunque, l'uso del costo di costruzione anche come "proxy" del costo del denaro non sembra inappropriato rispetto ad una situazione come quella veneta, in cui l'investimento in abitazioni rappresenta la principale destinazione del risparmio delle famiglie e, come si è detto, esso avviene per lo più senza ricorrere al credito.

Inoltre, da un punto di vista strettamente econometrico, l'eventuale introduzione di variabili da noi definite "accessorie" è possibile solo riducendo il numero di quelle a-priori ritenute "necessarie", dati i pochi gradi di libertà del sistema.

Variando opportunamente i vincoli alla "stepwise" si è ottenuta più di una soluzione statisticamente accettabile e compatibile con i vincoli a-priori, il che conforta nel ritenere sufficientemente robusta la soluzione individuata.

I risultati delle diverse prove hanno, inoltre, alcuni elementi in comune che, anche senza cedere alla tentazione di darle un'interpretazione in chiave causale, meritano di essere esposti.

In particolare:

- grande capacità esplicativa mostrano il reddito, la "dummy" e gli investimenti ritardati;
- la "dummy" relativa alla legge-ponte compare spesso in una delle due versioni relative all'intero periodo 1968 - 74, ma l'introduzione degli investimenti ritardati fa sì che resti solo quella relativa al 1968;
- tra i costi di costruzione, è nettamente preferita la versione "estrapolata";
- tra le quattro versioni dello "stock" è costantemente preferita quella che esprime le abitazioni non occupate.

Nella soluzione da noi preferita l'equazione è:

$$\text{INVP}_t = B_1 + B_2 \text{PILP}_t + B_3 \text{ECOSTP}_t + B_4 \text{VNOCCP}_{t-1} + B_5 \text{INVP}_{t-1} + B_6 \text{DUM68} + \varepsilon_t \quad t = 1963 \dots 1981$$

dove le variabili sono quelle descritte nella Tabella 1 ed i parametri (con i rispettivi valori del test t di Student tra parentesi) sono esposti nella Tabella 2, rispettivamente per la variabile dipendente "investimenti globali" o solo "privati" e ipotizzando l'indipendenza (NID) o l'autocor-

Tabella 2 - Parametri dell'equazione

	Metodo di stima	
	NID	AR1
Investimenti globali:		
B ₁	5.07	5.23
B ₂	.089987 (7.93)	.088477 (9.01)
B ₃	-.208868 (-2.96)	-.200043 (-3.12)
B ₄	-.137710 (-4.83)	-.136565 (-5.55)
B ₅	.398440 (4.85)	.402863 (5.72)
B ₆	8.51541 (4.12)	8.87321 (4.45)
\bar{R}^2	.9804	.9927
D.W	2.53	2.13
Solo investimenti privati:		
B ₁	3.70	4.30
B ₂	.086628 (7.10)	.083461 (8.29)
B ₃	-.211669 (-2.66)	-.214310 (-3.06)
B ₄	-.128360 (-4.22)	-.122489 (-4.89)
B ₅	.418459 (4.57)	.439471 (5.87)
B ₆	7.61917 (3.27)	7.61820 (3.48)
\bar{R}^2	.9748	.9917

relazione del primo ordine nei residui (AR1) secondo Beach e Mc Kinnon (1978). Quest'ultima ipotesi è suggerita dalla presenza della variabile "investimenti" ritardata, anche se il test di Durbin-Watson non ne fornisce l'evidenza netta, i valori mantenendosi nella fascia di inconclusione.

Come si vede, cambiando la variabile dipendente i risultati cambiano ben poco; comunque risulta statisticamente migliore la prova con gli investimenti globali, anche se dal punto di vista logico l'altra è preferibile.

L'assenza della variabile accessoria "incremento dei costi", che avrebbe la funzione di esprimere eventuali comportamenti speculativi, non significa naturalmente che tali comportamenti non si verifichino in realtà. Si ricorda che il modello cerca di simulare la realtà in vista di una migliore capacità previsiva, ma non aspira a "spiegarla". Probabilmente l'introduzione di un'ulteriore variabile è resadifficile dal limitato numero di osservazioni.

In entrambi i casi tutti i coefficienti risultano statisticamente significativi. L'errore di previsione, sia in valore assoluto sia in percentuale, risulta piuttosto contenuto con entrambi i metodi di stima, anche se il metodo AR1 fornisce risultati migliori, come mostrano la Tabella 2 e gli indici della bontà di previsione ex-post qui di seguito riportati, tutti riferiti alla variabile indipendente investimenti globali, dove:

RMSE = radice quadrata dello scarto quadratico medio;

U = coefficiente di ineguaglianza di Theil;

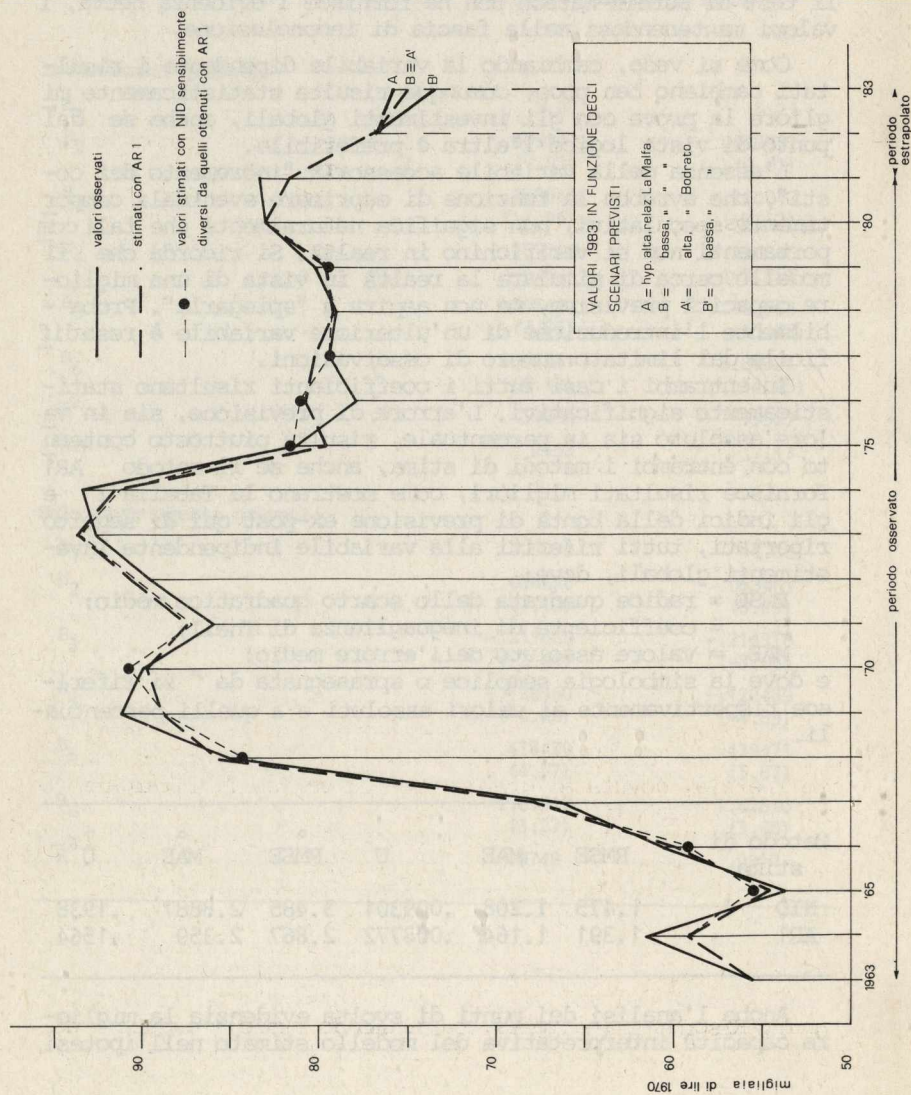
MAE = valore assoluto dell'errore medio;

e dove la simbologia semplice o sprasegnata da ° si riferisce rispettivamente ai valori assoluti e a quelli percentuali.

Metodo di stima	RMSE	MAE	U	° RMSE	° MAE	° U
NID	1.475	1.208	.009301	3.485	2.8887	.1938
AR1	1.391	1.164	.008772	2.867	2.359	.1564

Anche l'analisi dei punti di svolta evidenzia la migliore capacità interpretativa del modello stimato nell'ipotesi

Figura 1 - Valori osservati e interpolati della variabile dipendente: "investimenti globali".



dei residui autocorrelati.

La Figura 1 mostra il confronto tra i valori stimati ed effettivi con i due diversi metodi di stima. Come si vede, con il metodo AR1 il modello interpolato segue le tendenze della variabile osservata 11 volte su 17: coglie 4 punti di svolta su 6 e 2 ne prevede in modo errato; con il metodo NID i punti di svolta correttamente previsti sono 3.

Per l'applicazione previsiva ex-ante abbiamo dunque utilizzato l'equazione riferita agli investimenti globali stimata con l'ipotesi dei residui autocorrelati.

Parliamo di previsioni per il 1982 perchè i dati, anche ufficiosi, sugli investimenti non vanno oltre il 1981.

Secondo la Relazione sulla situazione economica del Paese, curata dal Ministero del Bilancio, nel 1982 il reddito nazionale è diminuito, in termini reali, dello 0,3 per cento, con un tasso d'inflazione pari al 16,5 per cento. Possiamo ipotizzare che gli stessi valori valgano per il Veneto, secondo quanto si verifica dal 1978.

Contemporaneamente, il costo di costruzione calcolato da ISTAT è cresciuto molto meno dell'indice generale dei prezzi. Ciò, nella nostra specificazione del modello - dove la variabile "costo di costruzione" appare come estrapolata ed espressa in termini relativi - ha effetti solo sulla previsione per il 1983: effetti benefici, ma non tali da controbilanciare quelli del calo del PIL.

Fino a tutto il 1983 gli scenari ipotizzati variano unicamente in funzione della variabile reddito. Solo in un periodo più lungo si potranno avvertire gli effetti delle altre variabili e soprattutto del costo di costruzione, che è l'unica influenzabile con politiche regionali (ad esempio di unificazione normativa, di offerta di aree etc.): infatti, nella forma da noi individuata, il modello presenta una forte inerzia, dovuta al grande peso di variabili ritardate o poco modificabili come lo "stock".

Per il 1983, in base a quattro ipotesi alternative sul tasso di crescita del reddito¹⁴, possiamo ipotizzare una tendenza più o meno accentuata alla ulteriore caduta degli investimenti già prevista per l'anno precedente: da 76,802 migliaia di lire pro-capite nel 1982 a valori compresi tra 75,687 e 73,356 migliaia di lire pro-capite nel 1983.

Si tratta dei valori più bassi registrati negli ultimi 15 anni. Riscontri indiretti con il mondo reale (caduta dei prezzi delle abitazioni a partire dal 1982; aumento dei lavoratori edili nelle liste di collocamento) confermano, almeno qualitativamente, questa previsione.

1. Per ragioni di spazio, omettiamo qui la dimostrazione di quanto vediamo affermando, circa i caratteri del mercato delle abitazioni nel Veneto e rimandiamo a Irsev, 1978.
2. Lo scarso ricorso al credito è tipico di tutto il mercato delle abitazioni italiano (cfr. Nardi, Portolillo, Tresoldi, 1975), ma sembra esserlo molto maggiormente nel Veneto. Si noti che questo comportamento non è necessariamente irrazionale perchè spesso il risparmio viene investito immediatamente nella costruzione dell'alloggio, la quale procede di pari passo con la formazione del risparmio, con ciò tutelandolo dalla svalutazione.
3. Sui prezzi delle abitazioni esistono fonti officiose, come i bollettini delle associazioni professionali degli operatori immobiliari, o le valutazioni degli Uffici Tecnici Erariali. Le serie di dati desumibili da tali fonti appaiono fortemente discordanti e tutte molto approssimative.
4. Cfr. il commento di L. Grebler all'articolo di Fair (1972) ed anche Muth (1981).
5. Secondo le stime della Banca d'Italia dal 1951 al 1974 il credito agevolato ha rappresentato una quota inferiore al 15 per cento dell'insieme delle fonti di finanziamento all'edilizia residenziale (cfr. Nardi, Pontilillo e Tresoldi, 1975). Secondo le statistiche ufficiali, le abitazioni costruite con il contributo dello Stato, tra il 1970 e il 1979, rappresentano il 4,5 per cento del volume costruito in Italia; il 2,5 per cento nel Veneto.
6. Il 1968 è nella storia d'Italia l'anno per cui le statistiche ufficiali rilevano il massimo numero di metri cubi residenziali progettati.
7. Tra il 1970 e il 1981 i prezzi delle abitazioni nuove libere sono cresciuti in misura pressochè doppia dell'indice del costo della vita.
8. Cfr. Massarella, 1976. La pubblicazione dei primi dati provvisori sulle abitazioni, rilevati dal Censimento del 1981, hanno confermato, aggravandoli, i sospetti a carico dei dati contenuti negli annuari.
9. La scelta di lavorare a prezzi costanti non significa che si consideri il fenomeno inflazione come riducibile a pura illusione monetaria, soprattutto quando si tratta di investimenti immobiliari. Proprio per tener conto di eventuali comportamenti indotti dall'inflazione stessa è stata introdotta una variabile aggiuntiva, rispetto alla formulazione originaria del modello, che esprime l'incremento dei costi. Comunque, anche i valori assunti dalle altre variabili, benchè misurati in termini costanti, risentono indubbiamente della situazione monetaria: si pensi ad esempio al costo di costruzione e a quello del denaro.
10. La serie della popolazione residente è dovuta a Enzo Migliorini del l'Irsev, che l'ha calcolata, nell'ambito del modello di previsioni demografiche per il Veneto, in modo da eliminare alcune discontinuità, di origine prevalentemente amministrativa, riscontrabili nelle serie ufficiali.
11. La rilevazione campionaria sui tassi bancari attivi inizia nel 1969 (cfr. Bollettino della Banca d'Italia, n. 4, 1970).
12. Non esistono rilevazioni annuali delle abitazioni non occupate - co

me del resto nemmeno dello "stock" complessivo -, ma le abbiamo stimate osservando che, alle varie date dei censimenti, il rapporto tra famiglie e abitazioni occupate varia poco ed è sempre molto vicino a 1.

13. Maggiori dettagli sui risultati della regressione stepwise e sulle modalità di costruzione di ciascuna variabile sono esposti nel documento di lavoro Irsev, che ha lo stesso titolo di questa comunicazione.
14. Si tratta delle due alternative formulate dalla Relazione programmatico-previsionale per il 1983, presentata dal Ministro La Malfa e delle due contenute nella Relazione sulla situazione economica del Paese nel 1982, presentata dal Ministro Bodrato nel marzo 1983.

Ringraziamenti

Vogliamo ringraziare per gli utili consigli, senza ovviamente coinvolgerli nella responsabilità di eventuali errori: il dott. Crestani, del servizio studi della Cassa di Risparmio di Venezia; il prof. Di Palma, dell'ECOTER; il prof. Dolcetta, dell'IUAV; il dott. Lippi dell'ISTAT, il dott. Melli, del Servizio Studi della Banca d'Italia; il prof. Mura-ro, dell'Università di Venezia e il prof. Trivellato, della Università di Padova.

Bibliografia

- Ance (1980), *L'industria delle costruzioni nel 1979*, Roma.
- Beach C.M., Mc Kinnon I.C. (1978), *A maximum likelihood for regression with autocorrelated errors*, *Econometrica*, 46.
- Conway S.C., Howard C.T. (1980), *A forecasting model for regional housing construction*, *Journal of Regional Science*, Vol. 20, n. 1.
- De Panfilo E. (1974), *Una ricerca sul rendimento degli investimenti immobiliari in grandi centri nel periodo 1957-1972*, *Bancaria*, pp. 699-712.
- Fair R.C. (1972), *Disequilibrium in housing models*, *Journal of Finance*, 27.
- Farrar D.E., Glauber R.R. (1967), *Multicollinearity in regression analysis: the problem revisited*, *Review of Economics and Statistics*, 49, pp. 92-107.
- Irsev - Regione Veneto (1978), *Ricerche preliminari per la formazione del piano decennale per gli interventi di edilizia residenziale pubblica*, Venezia.
- Kirwan R.M. and Martin D.B. (1970), *The economic basis for models of the housing market*, WP-62, London, Centre for Environmental Studies.
- Maisel S.J. (1963), *A theory of fluctuations in residential construction starts*, *American Economic Review*, June, pp. 359-383.
- Massarella G.C. (1976), *Intensità della recente produzione edilizia: nuove costruzioni, erosione e modifiche nel vecchio patrimonio abitativo*, in *Archivio di Studi Urbani e Regionali*, n. 1, pp. 21-64.
- Muth R.F. (1960), *The demand for non-farm housing*, in A. Harberger (ed), *The demand for durable goods*, Chicago, University of Chicago Press.
- Muth R.F. (1981), *Is the housing price bubble about to burst?*, *Papers of the Regionale Science Association*, Vol. 48, pp. 7-18.
- Nardi P., Pontolillo V. e Tresoldi C. (1975), *Il finanziamento degli investimenti in abitazioni tramite gli istituti di credito speciale*, Banca d'Italia, 1975.
- Ricci R. (1975), *Il mercato edilizio in Italia dopo la "legge ponte"*, *Rivista di politica economica*, n. 5, pp. 638-661.
- Tresoldi C. (1971), *Un modello econometrico del settore dell'edilizia abitativa*, in *Servizio studi della Banca d'Italia*, *Contributi alla ricerca economica*, Roma.

DIFFERENZE NEI PROCESSI DI LOCALIZZAZIONE
DELLE GRANDI E PICCOLE IMPRESE MANIFATTURIERE

di Marinella Terrasi Balestrieri*

Sommario

L'autrice prende in considerazione l'ipotesi che una parte rilevante del processo di localizzazione delle industrie manifatturiere avvenga in risposta a fattori che agiscono per gruppi di dimensione delle imprese e ne tenta una verifica empirica sulla realtà italiana degli anni 1951-1961 e 1961-1971. La metodologia utilizzata è la stima di un modello di regressione multipla, in cui la variabile dipendente è costituita dallo slittamento differenziale dell'analisi *Shift-and-Share* calcolato sugli addetti dei censimenti industriali, disaggregati in 46 sottoclassi di industria manifatturiera, 19 regioni e 3 classi di dimensione. Le variabili indipendenti sono esplicitate richiamandosi alla teoria della localizzazione. I risultati dell'analisi confermano le differenze ipotizzate sui comportamenti spaziali dei tre gruppi di dimensione.

1. *Introduzione*

L'ipotesi che la dimensione dell'impresa industriale svolge un ruolo rilevante nel determinare la scelta del luogo in cui questa andrà a collocarsi non trova riscontro nella teoria classica della localizzazione. In particolare, Weber (1929) sviluppò la sua analisi facendo riferimento al tipo di industria. Gli indici da lui elaborati per determinare l'orientamento di un'impresa verso le materie prime, il mercato, il lavoro o l'agglomerazione (indice dei materiali, coefficiente di lavoro, coefficiente di trasformazione) sono validi per tutta una categoria di industria, indipendentemente dalla dimensione dell'impresa, che rimane indefinita.

Fu solo più tardi, con Moses (1958), che ci si pose esplicitamente l'obiettivo "di fare della teoria della localizzazione una parte integrante della teoria della produzione e di indagare sulle implicazioni del fattore di sostitu-

* Facoltà di Scienze econ. e banc., P.za S. Francesco - 53100
Siena - Via P. Gasperini, S. Lorenzo a Vaccoli - 55050 Lucca

zione per l'equilibrio localizzativo dell'impresa" (p. 258). La conclusione di Moses fu che "se gli input sono sostituibili, non c'è una singola ottima localizzazione. L'ottima localizzazione in questo caso dipende dalla scala delle operazioni" (Moses 1958, p. 270), oltre che da altri fattori, come i prezzi degli input, i saggi, di trasporto degli input e del prodotto finito, la posizione geografica dei materiali e dei mercati, la funzione di domanda.

Se l'analisi di Weber fu, dunque, un'analisi aggregata per tipo di industria, quella di Moses mirò a disaggregare all'interno di questa per tipo di impresa, al fine di risolvere il conflitto apparente tra le conclusioni teoriche della dottrina Weberiana, secondo cui vi sarebbe un'unica ottima localizzazione per ogni tipo di attività, e la realtà: una realtà che "presenta numerosi esempi in cui imprese di una data industria hanno orientamenti diversi" (Moses 1958, p. 271).

L'analisi empirica che verrà sviluppata nelle pagine seguenti procede, tuttavia, secondo un'ipotesi che non è quella di Weber, né quella di Moses. Il livello di aggregazione usato è, infatti, maggiore che nello stesso Weber, dal momento che si farà prevalente riferimento alla dimensione, piccola o grande, di impresa.

L'idea di fondo che si ritiene di potere applicare alla realtà italiana degli anni 1951-1971 è, pertanto, quella secondo cui alcuni fattori di localizzazione esercitano la loro influenza per gruppi di dimensione delle imprese, indipendentemente dal tipo di industria cui queste appartengono. Si tratta di un'ipotesi a cui si fa spesso riferimento nella letteratura più recente sulla localizzazione delle imprese industriali, e che appare particolarmente rilevante per spiegare lo sviluppo territoriale dell'industria manifatturiera in Italia dove, come è noto, la piccola impresa caratterizza l'intera ripartizione nord-orientale e centrale, mentre lo sviluppo industriale del Mezzogiorno è avvenuto principalmente attraverso la diffusione delle grandi imprese.

2. Formulazione delle ipotesi

Nel porre l'ipotesi che i fattori di localizzazione orientino diversamente l'impresa, secondo che essa sia piccola o grande, ci si ispira fondamentalmente agli sviluppi della moderna teoria dell'impresa, la quale ha messo in evidenza similarità di caratteri e di organizzazione delle imprese all'interno della piccola e della grande dimensione.

Il collegamento tra teoria della localizzazione e moderna teoria dell'impresa non si basa, comunque, su una compiuta formulazione teorica, ma su una serie di richiami che si incontrano sporadicamente nella letteratura, ad alcuni dei quali si farà ora brevemente cenno.

Un autore che ha posto l'accento sulla dimensione delle imprese nei processi di localizzazione è B. Chinitz (1961). Egli fa notare come una regione che abbia sviluppato nel tempo una struttura industriale di tipo concorrenziale offra una serie di vantaggi alle piccole imprese, indipendentemente dal settore di industria cui esse appartengono. Tali vantaggi riguardano il fattore imprenditoriale, l'offerta di capitale, l'offerta di beni intermedi e servizi. In un'area caratterizzata dalla prevalenza di piccole imprese, infatti, il saggio di crescita del fattore imprenditoriale è particolarmente elevato, la disponibilità di capitale per le piccole imprese locali è maggiore che negli ambienti industriali di tipo oligopolistico, l'offerta di beni intermedi e servizi, che tanta importanza riveste per l'inserimento di nuove piccole imprese, è più sviluppata.

Meno legata ai luoghi di originaria concentrazione è, invece, la grande impresa. Essa è libera da molti condizionamenti ambientali per la possibilità di organizzare al suo interno l'offerta dei servizi di cui necessita: dal trasporto, alla consulenza legale, alla contabilità. Inoltre, è più probabile che la grande impresa "risponda alle opportunità di investimento esistenti nel suo tradizionale campo di attività in altre localizzazioni, piuttosto che alle opportunità di investimento esistenti nel suo luogo di origine in industrie non collegate" (Chinitz, 1961, p. 285).

Un altro autore che mi sembra opportuno citare è F.E. I. Hamilton (1974, 1978). Nei suoi scritti l'accento viene posto, spesso, sulla grande impresa e sull'impossibilità di interpretare la localizzazione dell'industria moderna facendo esclusivamente uso della teoria tradizionale. Questa, infatti, si adattava a un periodo di tempo e alle regioni in cui "il dominio economico (e non solo numerico) era delle piccole imprese con un solo impianto e in genere un singolo prodotto, le tecnologie e l'organizzazione commerciale erano semplici e adatte alla piccola scala, le decisioni di localizzazione erano prese essenzialmente in risposta ad ambienti esterni economici, sociali, politici e spaziali semplici" (Hamilton, 1974, p. 5).

Ben diversa è oggi l'organizzazione industriale nelle società capitalistiche, dove i mercati sono caratterizzati prevalentemente da condizioni di oligopolio e monopolio. Le decisioni spaziali della grande impresa sono frutto di strate

gie complesse nate dalla considerazione di un insieme di obiettivi non spaziali; l'ambiente esterno non è percepito come immutabile, ma come una struttura che è possibile in parte manipolare secondo le proprie esigenze; inoltre, l'organizzazione dell'attività della grande impresa in più impianti, prodotti e funzioni spezza l'unità della scelta localizzativa e richiede lo svolgimento di un'analisi disaggregata all'interno della stessa impresa.

Più brevi e sporadici sono i richiami di altri autori alla rilevanza della dimensione dell'impresa nelle scelte localizzative.

Ricordo il generale consenso all'ipotesi che le economie di agglomerazione siano più importanti per le piccole imprese; l'idea che la grande impresa sia più sensibile alle condizioni del mercato del lavoro (Antonelli, 1979, p. 17; Camagni, 1980, p. 190); l'ipotesi che l'obiettivo di minimizzare l'incertezza nei riguardi degli input e degli output sia più rilevante per le piccole imprese, a causa della minore quantità di informazioni localizzative di cui queste dispongono (Lloyd and Dicken, 1972, p. 238).

I brevi riferimenti fatti alla letteratura mi consentono, a questo punto, di esplicitare l'ipotesi generale che avevo posto all'inizio, di una differenza nei processi di localizzazione delle piccole e grandi imprese manifatturiere, in una serie di sotto-ipotesi, e precisamente:

- le grandi imprese sono più propense delle piccole a cambiare localizzazione;
- la teoria tradizionale della localizzazione si presta meglio a spiegare le scelte localizzative delle piccole imprese;
- le piccole imprese sono sensibili alle economie di agglomerazione e possono essere trattate come un gruppo omogeneo;
- le grandi imprese sono "a piede libero"; la loro distribuzione spaziale è solo il risultato di scelte a-spaziali;
- il comportamento localizzativo delle grandi imprese può essere meglio compreso se analizzato a livello settoriale;
- le grandi imprese sono sensibili al costo del lavoro.

3. Note metodologiche

Le ipotesi appena avanzate sono state sottoposte a verifica per l'industria manifatturiera italiana nel periodo 1951-1971, utilizzando una metodologia che illustrerò bre-

veniente.

Il punto più delicato in un'analisi del genere proposto è certamente quello di definire la variabile dipendente, at traverso la quale esplicitare il cambiamento localizzativo dei gruppi dimensionali di imprese. Qui mi sembra opportuno citare ancora Hamilton, a proposito della distinzione tra processi impliciti e processi espliciti di localizzazione:

"Dal punto di vista spaziale è utile distinguere due tipi di decisione. Il primo comprende decisioni che implicano una scelta localizzativa *esplicita* o *diretta*: l'apertura di un nuovo impianto... o la chiusura di uno esistente. Il fatto che l'analisi localizzativa abbia avuto questo tipo di decisione al centro della propria attenzione fin dai tempi di Weber ha largamente oscurato la grande importanza, spesso anche maggiore, del secondo tipo di decisione. Questo comprende una scelta localizzativa *implicita* o *indiretta*: l'alterazione della scala (cambiamento quantitativo) o delle funzioni (cambiamento qualitativo), o spesso di entrambe, negli impianti esistenti..." (Hamilton, 1978, p. 8).

Seguendo l'impostazione di Hamilton, in questo studio ci si è soffermati a considerare il processo globale di localizzazione, quello che risulta dalla nascita di nuove imprese e dalla morte, trasferimento e crescita di quelle esistenti. Tuttavia, non è sembrato necessario per i fini proposti spiegare interamente il cambiamento, ma si è ritenuto che fosse sufficiente svolgere un'analisi comparata riferita alle varie localizzazioni considerate. Ecco perchè la componente differenziale dell'analisi *Shift-and-Share* è apparsa come la variabile più adatta a esplicitare il cambiamento di localizzazione.

Si trattava, quindi, di decidere su quali dati calcolare la componente differenziale; a questo riguardo non è sembrato che si offrissero molte possibilità di scelta: i requisiti di disaggregazione industriale e territoriale su cui poggiava un uso corretto dell'analisi *Shift-and-Share* (Terrasi Balestrieri, 1982), da una parte, e la disponibilità di dati statistici industriali, dall'altra, consentivano di lavorare esclusivamente sui dati dell'occupazione raccolti nei censimenti industriali del 1951, 1961 e 1971. E' sembrato preferibile, inoltre, fare riferimento ai dati per classi di dimensione delle unità locali, piuttosto che delle imprese. Vero è che così si spostava l'oggetto dell'analisi dall'impresa all'impianto, dal peso effettivo dell'industria, meglio rappresentato dal valore aggiunto, all'occupazione, ma ciò non toglieva significato e interesse all'analisi che si andava ad effettuare.

Quando si introduce la dimensione, la componente diffe -

renziale dell'analisi *Shift-and-Share* in ciascuna industria diventa la seguente:

$$SD_{dir}^t = x_{dir}^0 (x_{dir}^t/x_{dir}^0 - x_{di}^t/x_{di}^0),$$

dove:

$$\begin{aligned} SD_{dir}^t &= \text{componente differenziale (dimensione } d, \\ &\quad \text{settore } i, \text{ regione } r); \\ x_{dir}^t, x_{dir}^0 &= \text{occupati nelle unità locali appartenenti} \\ &\quad \text{alla classe di dimensione } d \text{ e al settore} \\ &\quad \text{} i \text{ nella regione } r, \text{ al tempo } t \text{ e al tempo} \\ &\quad 0; \\ x_{di}^t, x_{di}^0 &= \text{idem nella nazione.} \end{aligned}$$

Quindi, sommando per i , si ottiene la componente differenziale nell'insieme di industrie considerato:

$$SD_{dr}^t = \sum_i x_{dir}^t (x_{dir}^t/x_{dir}^0 - x_{di}^t/x_{di}^0),$$

dove:

$$SD_{dr}^t = \text{componente differenziale totale (dimensione } d, \text{ regione } r).$$

In tal modo, si concentra l'attenzione sul fatto che in ciascuna regione gli addetti alle unità locali appartenenti a una data dimensione e a una data categoria di industria hanno avuto un tasso di crescita diverso da quello medio nazionale relativo alla stessa dimensione e alla stessa industria. Sommando per tutti i settori, si ottiene una misura sintetica del cambiamento globale di localizzazione intervenuto in una data dimensione di unità locali in ciascuna regione.

La seconda fase dell'analisi consiste nella formulazione di un modello che spieghi la variabile dipendente così definita e nella sua stima. Implicitamente si assume che le diverse componenti del cambiamento globale (nascita, morte, trasferimento e crescita delle unità locali) rispondano allo stesso modello e siano determinate dalle stesse variabili indipendenti. Ciò appare accettabile dal momento che la variabile dipendente è espressa in forma di componente differenziale; pertanto, la quantità che ci si propone di spiegare è al netto degli effetti strutturali relativi sia alla composizione industriale che dimensionale delle unità locali nelle regioni e ciò elimina molte cause di eterogeneità nel comportamento spaziale delle singole componenti (Gudgin, 1978, pp. 53-54).

Il modello è stato, quindi, formulato facendo riferimento alla teoria tradizionale della localizzazione. I fattori di localizzazione esplicitati in termini di potenziale di mercato, costo del lavoro, economie e diseconomie di agglomerazione, politica regionale, sono stati introdotti come variabili indipendenti in un'equazione di regressione multipla in cui la componente differenziale costituisce la variabile dipendente. Seguendo l'impostazione proposta da Chalmers e Beckhelm (1976) e già ampiamente illustrata in altra sede (Terrasi Balestrieri, 1981), i fattori di localizzazione sono stati introdotti in termini relativi, facendo riferimento al tempo iniziale e uno (il costo del lavoro) anche come variazione assoluta nel periodo; inoltre, tra le variabili indipendenti è stata inserita la quota iniziale di occupazione. Il modello, alla fine, è risultato il seguente:

$$SD_{dr}^t = a_0 + a_1 RPM_r^0 + a_2 RW_r^0 + a_3 \Delta W_r^t + a_4 REU_r^0 + a_5 EL_r^0 + a_6 M_r^0 + a_7 Q_{dr}^0 \quad (1)$$

dove:

- SD_{dr}^t = componente differenziale dell'occupazione manifatturiera nella classe di dimensione d nella regione r , tra il tempo t e il tempo 0;
- RPM_r^t = potenziale relativo di mercato nella regione r al tempo 0;
- RW_r^0 = livello relativo del salario nell'industria manifatturiera nella regione r al tempo 0;
- ΔW_r^t = variazione assoluta del salario nell'industria manifatturiera nella regione r , tra il tempo t e il tempo 0;
- EL_r^0 = economie di localizzazione nella regione r al tempo 0;
- M_r^0 = politica regionale nella regione r al tempo 0;
- Q_{dr}^0 = quota regionale dell'occupazione manifatturiera nella classe di dimensione d al tempo 0.

Si rimanda all'Appendice per ulteriori chiarimenti sulla definizione delle variabili e sui dati utilizzati. La stima dell'Equazione (1) per ogni classe di dimensione individuata consentirà, quindi, di trarre alcune conclusioni sulla validità delle ipotesi avanzate al paragrafo precedente.

4. Risultati per classe di dimensione delle unità locali

La componente differenziale dell'analisi *Shift-and-Share*

è stata calcolata, inizialmente, per due classi di dimensione delle unità locali: piccola, compresa tra 6 e 100 addetti e grande, con oltre 100 addetti. I livelli di disaggregazione industriale e territoriale utilizzati sono stati rispettivamente quello di 46 sottoclassi¹ di industria manifatturiera e di 19 regioni, mentre l'intervallo temporale 51-71 è stato spezzato nei due decenni 51-61 e 61-71, poiché si è ritenuto che il comportamento localizzativo potesse cambiare sensibilmente nel lungo periodo².

La stessa componente differenziale è stata, quindi, utilizzata per calcolare un indice di mobilità delle due classi di dimensione individuate, secondo la seguente formula:

$$IM_d^t = \frac{\sum_r \sum_i x_{dir}^t - x_{dir}^0 (x_{di.}^t / x_{di.}^0)}{2x_{d..}^t},$$

dove:

- IM_d^t = indice di mobilità della classe di dimensione d al tempo t;
 x_{dir}^t, x_{dir}^0 = occupati nelle unità locali appartenenti alla classe di dimensione d e al settore i nella regione r, al tempo t e al tempo 0;
 $x_{di.}^t, x_{di.}^0$ = idem nella nazione;
 $x_{d..}^t$ = occupati nelle unità locali di dimensione d in tutta l'industria manifatturiera nazionale al tempo t.

Nelle Tabelle 1 e 2 si riportano i risultati della stima della Equazione (1) effettuata con il metodo dei minimi quadrati.

L'impressione generale che si trae dall'esame di questi primi risultati è che, mentre la classe delle piccole unità corrisponde ad un gruppo effettivamente omogeneo dal punto di vista localizzativo, quella delle grandi unità è eccessivamente aggregata e potrebbe celare comportamenti eterogenei al suo interno. Sorge il dubbio che la stima dell'Equazione 2 nelle Tabelle 1 e 2 sia inficiata da questo vizio di partenza.

Il dubbio trova conferma se si procede a disaggregare ulteriormente la classe delle grandi unità. Si sono provate due classificazioni alternative: unità da 101 a 500 addetti e con più di 500 addetti; unità da 101 a 1000 addetti e con più di 1000 addetti³. I risultati ottenuti hanno mostrato una maggiore omogeneità all'interno della seconda classificazione che è stato, quindi, deciso di adottare. I coeffi-

Tabella 1 - Coefficienti delle regressioni e valori della t di Student (tra parentesi)^a, 1951-1961

Equazione	Variab. depend. SD ⁶¹	Variabili indipendenti						R ² (R ² cor- retto)	F
		RPM ⁵¹	RW ⁵¹	ΔW^{61}	REU ⁵¹	EL ⁵¹	M ⁵¹ Q ⁵¹		
1	6-100	2,9 (4,6**)	-1,3 (-0,8)	-2,4 (-4,4**)	0,05 (0,3)	-274 (-4,7**)	-116 (-2,6*)	-17,2 (-4,4**)	16,2 **
2	> 100	0,6 (0,5)	-3,0 (-0,8)	0,2 (0,2)	0,3 (0,7)	-238 (-1,7)	-19,6 (-0,2)	1,2 (0,2)	0,9
3	101-1000	0,3 (0,6)	-1,5 (-1,3)	0,2 (0,4)	0,4 (2,4**)	-220 (-5,1**)	-12,7 (-0,4)	-0,9 (-0,4)	8,0 **
4	> 1000	-0,2 (-0,2)	-0,2 (-0,01)	-0,2 (-0,2)	-0,1 (-0,3)	-75,0 (-0,6)	-5,6 (-0,1)	7,2 (1,2)	0,3
5	6-100	2,7 (5,3 **)	-	-2,6 (-5,7**)	-	-276 (-5,0**)	-104 (-2,7**)	-15,9 (-4,8**)	25,2 **
6	101-1000	-	-0,6 (-1,1)	-	0,4 (3,4**)	-	-217 (-7,5**)	-	23,0 **

^a Gli asterischi indicano livelli di significatività del 5% (*) o dell'1% (**)

^b Nella stima dell'equazione di regressione i valori di SD sono stati divisi per 100

Tabella 2 - Coefficienti delle regressioni e valori della *t* di Student (tra parentesi)^a, 1961-1971

Equazione	Variab. dipend. ^b SD	Variabili indipendenti						R ² (R ² corretto)	F
		REM ⁶¹	RW ⁶¹	ΔW ⁷¹	RFU ⁶¹	EL ⁶¹	M ⁶¹	\bar{Q} ⁶¹	
1	6-100	2,8 (1,7)	-3,8 (-2,7 ***)	0,05 (0,2)	-0,1 (-0,4)	-443 (-3,0 ***)	-141 (-1,7)	-22,6 (-2,1 *)	0,83 (0,72)
2	> 100	2,5 (1,4)	-3,0 (-1,5 *)	-1,1 (-2,8 ***)	0,4 (0,8)	486 (1,6)	-30,1 (-0,3)	-58,1 (-4,0 ***)	0,86 (0,77)
3	101-1000	1,1 (1,3)	-2,1 (-2,7 ***)	-0,2 (-1,6)	0,4 (1,5)	-56,3 (-0,5)	-90,6 (-1,8)	-26,3 (-4,9 ***)	0,93 (0,89)
4	> 1000	0,0 (0,0)	-0,2 (-0,2)	-0,1 (-0,2)	-0,1 (-0,2)	-162 (-0,5)	47,4 (0,7)	0,2 (0,0)	0,56 (0,28)
5	6-100	2,2 (2,1 *)	-3,8 (-3,0 ***)			-424 (-4,3 ***)	-141 (-1,9 *)	-24 (-3,6 ***)	0,83 (0,76)
6	101-1000	1,1 (1,4)	-2,2 (-2,9 ***)	-0,3 (-3,3 ***)	0,4 (1,7)		-90,1 (-1,8 ***)	-28,2 (-7,5 ***)	0,92 (0,89)

^a Gli asterischi indicano livelli di significatività del 5% (~~*~~) o dell'1% (~~***~~)

^b Nella stima dell'equazione di regressione i valori di SD sono stati divisi per 100

cienti stimati per l'Equazione (1) in corrispondenza delle classi di dimensione 101-1000 e oltre 1000 addetti si trova no riportati nelle stesse Tabelle 1 e 2 già illustrate.

Una prima considerazione va fatta sul risultato del calcolo degli indici di mobilità. La classe con più di 1000 addetti, che possiamo denominare delle grandissime unità, presenta l'indice di mobilità più elevato in entrambi i periodi (rispettivamente 7,68 nel 1951-1961 e 8,00 nel 1961-1971) nonostante che il saggio di crescita dell'occupazione in questa classe sia particolarmente basso nel primo decennio (6,49%). Nel decennio 1951-1961 la classe delle piccole unità presenta un indice di mobilità più elevato (5,80 *versus* 3,88) della classe 101-1000 addetti, che possiamo denominare delle medio-grandi unità; si può osservare, tuttavia, che nello stesso periodo il saggio di crescita dell'occupazione nelle piccole unità è risultato particolarmente elevato (70,79%) e ciò potrebbe spiegare la loro alta mobilità. Nel decennio 1961-1971, la mobilità delle piccole unità risulta inferiore a quella delle medio-grandi (6,34 *versus* 7,15). Sembra, pertanto, di potere concludere che l'evidenza empirica raccolta sia a favore dell'ipotesi di una maggiore mobilità delle grandissime unità, mentre più sfumata appare la differenza tra la mobilità delle piccole e delle medio-grandi unità.

Passando, quindi, a considerare i risultati della stima del modello osserviamo, in primo luogo, quale effetto ha prodotto la disaggregazione della classe oltre 100 addetti nelle due classi 101-1000 e oltre 1000. Nel decennio 1951-1961 il modello adottato non era assolutamente in grado di spiegare il comportamento localizzativo delle grandi imprese, come mostrano i valori di R^2 , delle t relative ai singoli coefficienti della regressione e della F (Equazione 2, Tabella 1). Al contrario, il modello riesce a spiegare soddisfacentemente il comportamento localizzativo quando si passa a considerare la classe delle medio-grandi unità (Equazione 3, Tabella 1), ma i risultati peggiorano ulteriormente per la classe delle grandissime unità (Equazione 4, Tabella 1).

Un discorso analogo può farsi per il decennio 1961-1971. Anche in questo caso la disaggregazione della classe con oltre 100 addetti fa migliorare i risultati della regressione per la classe 101-1000 (Equazione 3, Tabella 2), mentre la classe oltre 1000 vede valori di R^2 e dei coefficienti del tutto inadeguati a spiegare l'andamento della componente differenziale (Equazione 4, Tabella 2). Evidentemente, è solo il comportamento delle grandissime unità che sfugge alle ipotesi esplicative della teoria tradizionale le quali ap -

paiono, invece, adeguate sia per la classe delle piccole che delle medio-grandi unità.

Soffermiamoci, ora, ad esaminare i risultati della regressione per le due classi di dimensione che sembrano rispondere soddisfacentemente al modello. Tenuto conto dei valori delle t di Student e di R^2 corretto, è sembrato preferibile passare dalle Equazioni 1 e 3 delle Tabelle 1 e 2 alle Equazioni 5 e 6, da cui sono state eliminate le variabili con valori della t particolarmente bassi.

Per le piccole unità il ruolo delle variabili indipendenti non presenta grandi variazioni nei due periodi, anche se la capacità esplicativa del modello è maggiore nel decennio 1951-1961. Le variabili con coefficienti significativi sono il potenziale di mercato, il costo del lavoro, le diseconomie di agglomerazione coincidenti con il Triangolo industriale (Piemonte, Lombardia, Liguria), la politica per il Mezzogiorno, la quota iniziale di occupazione. Il coefficiente negativo della variabile dicotomica con cui si è esplicata la politica per il Mezzogiorno riesce, tuttavia, a mettere in evidenza l'effetto del sottosviluppo meridionale piuttosto che quello della politica di intervento, in entrambi i periodi. Non si riesce, inoltre, a verificare l'ipotesi di un effetto positivo delle economie di urbanizzazione. Ciò fa pensare che, in fatto di economie di agglomerazione, le piccole unità siano sensibili alle economie di localizzazione ottenute a livello di singola industria, piuttosto che a quelle generali di urbanizzazione.

Per le unità medio-grandi i risultati in termini di capacità esplicativa sono migliori nel decennio 1961-1971 che in quello precedente. A differenza delle piccole unità, queste risultano sensibili alle economie di urbanizzazione, mentre non sembrano indirizzate verso le regioni ad alto potenziale di mercato, nè sembrano risentire delle diseconomie di agglomerazione connesse al Triangolo industriale. Diverso appare, inoltre, il ruolo svolto dal costo del lavoro e dalla quota iniziale di occupazione; le unità medio-grandi sembrano reagire solo nel secondo periodo di tempo al livello relativo e alle variazioni del costo del lavoro; lo stesso vale per la quota iniziale di occupazione. L'unico comportamento omogeneo nelle due classi di dimensione in entrambi i periodi, lo mostra la variabile dicotomica relativa al sottosviluppo meridionale. Le diversità, tuttavia, si attenuano passando al periodo più recente.

I risultati illustrati in parte confermano, in parte smentiscono le ipotesi avanzate sul ruolo della dimensione degli impianti nei processi di localizzazione dell'industria manifatturiera italiana degli anni 50-70. Resta confermata l'ina-

deguatezza della teoria tradizionale a spiegare il comportamento di un gruppo di attività produttive, ma limitatamente alle grandissime dimensioni. Sia le piccole che le medio-grandi unità sembrano, invece, rispondere come gruppo ai fattori tradizionali di localizzazione, anche se non sempre nel senso anticipato. In particolare, le piccole unità non reagiscono, come anticipato, alle economie di urbanizzazione, ma a fattori locali di tipo negativo, quali le diseconomie di agglomerazione legate al Triangolo industriale e il sottosviluppo meridionale. Balza in evidenza, inoltre, il ruolo svolto dal mercato e dal costo del lavoro nel guidare le loro scelte localizzative. Le unità medio-grandi si pongono come gruppo intermedio tra gli altri due: a differenza delle grandissime unità sono guidate nelle loro scelte insediative da fattori economici ben individuabili; a differenza delle piccole sono sensibili alle economie di urbanizzazione, mentre non reagiscono alle diseconomie di agglomerazione del Triangolo industriale; meno sicuro appare, inoltre, nel loro caso il ruolo svolto dal potenziale di mercato e diversi i modi attraverso cui ha agito il costo del lavoro.

5. *Risultati per sottoclasse di industria manifatturiera e dimensione delle unità locali*

Resta da valutare un'ultima ipotesi sul comportamento localizzativo delle grandissime unità, e cioè quella che esse reagiscano ai fattori di localizzazione non tanto come gruppo, ma come appartenenti a un settore specifico dell'industria manifatturiera.

Le condizioni specifiche legate al tipo di industria e alla classe di dimensione sarebbero determinanti, in questo caso, nel guidare le scelte localizzative.

A tal fine, si è deciso di selezionare nell'ambito della industria manifatturiera quelle sottoclassi per le quali le unità con più di 1000 addetti costituiscono la classe di dimensione dominante, nel senso che in essa si concentrava la maggiore quota di occupazione nel 1961 e/o nel 1971. Sono emerse le seguenti sottoclassi: metallurgiche, macchine motrici, meccanica di precisione, apparecchi e macchine elettriche, mezzi di trasporto, chimica di base, gomma, cellulosi. Sugli addetti appartenenti alle sottoclassi così individuate e alle grandissime unità è stata ripetuta l'analisi illustrata nel paragrafo 3.

Alcuni sostanziali elementi di difformità esistono tra l'analisi aggregata condotta al paragrafo precedente e l'a-

nalisi disaggregata per sottoclasse delle unità locali con più di 1000 addetti.

I numerosi valori nulli ottenuti in questo caso per la componente differenziale hanno mostrato come solo poche regioni fossero coinvolte nel processo di redistribuzione settoriale dell'occupazione delle grandissime unità. I vincoli posti dalla grande scala delle operazioni condizionano pesantemente il processo di scelta della localizzazione e lo rendono molto selettivo. Una differenza esiste, inoltre, nella definizione delle variabili indipendenti, dal momento che alcuni fattori di localizzazione sono stati esplicitati in termini settoriali. Si rimanda all'Appendice per ulteriori chiarimenti sulla definizione delle variabili.

I risultati della stima del modello appaiono nelle Tabelle 3 e 4 limitatamente alle sottoclassi di industria manifatturiera che hanno ottenuto un livello accettabile di capacità esplicativa in termini di R^2 e di significatività dei coefficienti. Pertanto, nella Tabella 3 mancano le sottoclassi: meccanica di precisione, macchine motrici, gomma, mentre nella Tabella 4 manca la sottoclasse meccanica di precisione. Inoltre, sono state riportate soltanto le equazioni nella forma finale scelta, dopo avere eliminato le variabili con valori della t particolarmente bassi. Le variabili che compaiono con le lettere EL e M sono state introdotte nell'equazione generale di regressione in una sola delle forme proposte, quella che sembrava più adatta alla sottoclasse considerata.

Anche se la capacità esplicativa del modello appare, ora, notevolmente migliorata, non si può affermare di avere ottenuto sempre dei risultati soddisfacenti. In alcuni casi i fattori di localizzazione si riducono a delle variabili dicotomiche, dietro le quali è difficile riconoscere una vera e propria logica localizzativa. Così accade per le industrie metallurgiche in entrambi i periodi considerati: nel 1951-1961 notiamo il ruolo svolto dalle economie di agglomerazione del Triangolo industriale, mentre nel periodo successivo è la politica per il Mezzogiorno, limitata all'intervento nella regione Puglia, a svolgere un ruolo rilevante. Lo stesso accade per i mezzi di trasporto nel decennio 1951-1961, dove il ruolo cruciale viene assunto dalle economie di agglomerazione legate alle regioni Piemonte. Nel decennio successivo sono le sottoclassi della chimica di base e della cellulosa ad essere fundamentalmente indirizzate dalla politica regionale, limitata nel primo caso all'intervento nelle regioni Puglia e Sicilia, nel secondo caso a quello nella regione Basilicata.

Più soddisfacenti appaiono i risultati ottenuti per le

Tabella 3 - Coefficienti delle regressioni e valori della *t* di Student (tra parentesi)^a, 1951-1961

Equa- zione	Variab. dipend. SD >1000	Variabili indipendenti						R ² (R ² cor- retto)	F
		RPM ⁵¹	RW ⁵¹	ΔW ⁶¹	REU ⁵¹	EL ⁵¹	M ⁵¹	Q ⁵¹	
1	Metallur- giche		0,25 (1,7)			90,6 (10,3 ***)		-3,6 (-8,6 ***)	39,6 ***
2	Appar. elettr.				0,1 (2,2*)	-72,3 (-8,6 ***)	-3,0 (-0,6)	1,0 (5,0 ***)	18,6 ***
3	Mezzi di trasp.					232 (7,4 ***)		-1,9 (-2,6*)	62,4 ***
4	Chimica di base	0,6 (5,2 ***)	-0,9 (-3,3 ***)			-23,3 (-1,7)	28,1 (1,9*)	-3,0 (-5,6 ***)	10,6 ***
5	Cellu- losa	0,1 (2,1*)		-0,95 (-1,9*)	-0,1 (-3,5 ***)	10,9 (2,3*)	21,5 (4,7 ***)	0,2 (1,3)	6,7 ***

^a Vedi Note a, b della Tabella 1

Tabella 4 - Coefficienti delle regressioni e valori della *t* di Student (tra parentesi)^a, 1961-1971

Equazione	Variab. dipend. SD ¹ >1000	Variabili indipendenti							R ² (R ² corretto)	F
		RPM ⁶¹	RW ⁶¹	ΔW ⁷¹	REU ⁶¹	EL ⁶¹	M ⁶¹	Q ⁶¹		
1	Metallurgiche					-51,7 (-10,1 ***)	135 (16,1 ***)		0,96 (0,95)	199 ***
2	Macchine motrici			0,1 (-9,2 ***)		84,7 (9,2 ***)		-1,9 (-8,8 ***)	0,89 (0,87)	40,1 ***
3	Appar. elettr.			-0,1 (-2,1 *)	0,1 (1,7)	87,5 (3,1 ***)		-6,4 (-10,1 ***)	0,92 (0,90)	39,8 ***
4	Mezzi di trasport.	0,5 (2,3 *)		-0,1 (-2,6 ***)			53,4 (2,5 *)	2,2 (2,9 ***)	0,68 (0,59)	7,3 ***
5	Chimica di base					-21,7 (-2,4 *)	41,8 (4,4 ***)	0,9 (1,7)	0,59 (0,51)	7,4 ***
6	Cellulosa						20,5 (2,2 *)	-1,3 (-8,1 ***)	0,82 (0,80)	37,0 ***
7	Gomma			-0,2 (-4,0 ***)		164 (4,4 ***)		-3,9 (-4,7 ***)	0,59 (0,51)	7,3 ***

^a Vedi Note a, b della Tabella 2

altre sottoclassi nei due periodi. Nel 1951-1961 le industrie elettriche si dimostrano sensibili alle economie di agglomerazione. Nello stesso periodo la chimica di base e la cellulosa reagiscono al costo del lavoro e al potenziale di mercato. Nel decennio successivo, il ruolo svolto dal costo del lavoro appare significativo nelle industrie delle macchine motrici, degli apparecchi elettrici, dei mezzi di trasporto, della gomma. Le economie di urbanizzazione continuano ad agire positivamente sulle industrie elettriche.

Mi sembra di potere affermare che l'analisi disaggregata mette in evidenza il ruolo svolto da alcuni fattori classici di localizzazione anche nelle unità locali con più di 1000 addetti. Certo, laddove i vincoli tecnici legati alle economie di scala interne e gli interventi di politica regionale finiscono col prevalere, è difficile rintracciare gli effetti degli altri fattori di localizzazione. Ma dove questo non avviene, anche le grandissime unità appaiono guidate da una logica di tipo "spaziale" nella scelta della loro localizzazione.

6. Conclusioni

L'analisi empirica svolta nelle pagine precedenti mirava a verificare l'importanza della dimensione delle unità produttive nei processi di localizzazione industriale, facendo riferimento all'industria manifatturiera italiana degli anni 50-70. I risultati ottenuti sembrano confermare l'ipotesi generale, con le seguenti qualificazioni:

- il gruppo delle piccole unità locali è risultato sensibile al costo del lavoro, al potenziale di mercato, alle diseconomie di localizzazione coincidenti con il Triangolo industriale e ai fattori strutturali del sottosviluppo meridionale; le economie di urbanizzazione non hanno svolto, invece, un ruolo significativo.
- Il gruppo delle unità medio-grandi è risultato sensibile alle economie di urbanizzazione, oltre che al sottosviluppo meridionale; l'effetto del costo del lavoro è emerso solo nel decennio 61 - 71; le diseconomie di agglomerazione connesse al Triangolo industriale e il potenziale di mercato non hanno svolto un ruolo significativo.
- Più difficile è stato individuare la logica localizzativa delle grandissime unità; tuttavia, non sembra di poter accettare l'ipotesi che queste siano perfettamente libere da condizionamenti localizzativi. L'analisi disaggregata per sottoclasse di industria manifatturiera mostra, in alcuni casi, l'influenza dei fattori tradiziona

li di localizzazione.

Appendice

Le variabili indipendenti utilizzate nella stima dell'E-quazione (1) sono state definite nel modo seguente.

Potenziale di mercato

$$PM_r^t = \sum_j Y_j^t / d_{rj}^b ,$$

dove:

- PM_r^t = potenziale di mercato nella regione r al tempo t ;
 Y_j^t = prodotto lordo interno al costo dei fattori nella regione j al tempo t ;
 d_{rj} = distanza in linea d'aria tra il capoluogo della regione r e il capoluogo della regione j ;
 b = 2,5 nel 1951, 2 nel 1961, 1,5 nel 1971.
 $RPM_r^t = PM_r^t / \overline{PM}_r^t$

dove:

- RPM_r^t = potenziale relativo di mercato nella regione r al tempo t ;
 $\overline{PM}_r^t = \sum_i PM_i^t / 19$.

I dati sul prodotto interno lordo al costo dei fattori sono stime elaborate da G. Tagliacarne (1963 e 1973).

Costo del lavoro

$$RW_r^t = S_r^t / \sum_i H_{ir}^t W_i^t ,$$

dove:

- RW_r^t = livello relativo del salario nella regione r al tempo t ;
 S_r^t = ammontare totale delle retribuzioni nell'industria manifatturiera nella regione r al tempo t ;
 H_{ir}^t = numero di addetti nell'industria manifatturiera nella regione r al tempo t ;
 W_i^t = costo medio del lavoro nella regione i al tempo t .

H_{ir}^t = ore di lavoro prestate nella sottoclasse i dell'industria manifatturiera nella regione r al tempo t ;

W_i^t = paga media oraria nell'industria i nella nazione al tempo t .

$$\Delta W_r^t = W_r^t - W_r^0,$$

dove:

ΔW_r^t = variazione del costo del lavoro nella regione r tra il tempo t e il tempo 0;

W_r^t, W_r^0 = paga media oraria nell'industria manifatturiera nella regione r al tempo t e al tempo 0.

I dati sulle ore di lavoro e le retribuzioni sono tratti dai censimenti dell'industria che li pubblicano con riferimento agli anni 1950, 1960 e 1970. Per alcuni problemi di omogeneità dei dati che sorgono nella rilevazione delle retribuzioni e delle ore di lavoro cfr. M. Terrasi Balestrieri 1981, nota 17, pp. 75-76.

Economie di urbanizzazione

$$EU_r^t = \sum_k (X_{tkr}^t + X_{ckr}^t + X_{akr}^t),$$

dove:

EU_r^t = economie di urbanizzazione nella regione r ;

X_{tkr}^t = addetti al settore dei trasporti e comunicazioni nei centri k aventi più di 100.000 abitanti e appartenenti alla regione r ;

X_{ckr}^t = idem nel settore del credito e assicurazioni;

X_{akr}^t = idem nelle attività ausiliarie del commercio.

$$REU_r^t = EU_r^t / \overline{EU}_r^t,$$

dove:

REU_r^t = economie relative di urbanizzazione nella regione r .

$$\overline{EU}_r^t = \sum_r EU_r^t / 19.$$

Si è anche effettuato il tentativo di esplicitare le eco

nomie di urbanizzazione facendo riferimento ai centri con più di 50.000 abitanti, ma non si sono ottenuti sostanziali mutamenti nei risultati della stima dell'Equazione (1).

I dati sono tratti dai censimenti dell'industria e commercio.

Economie di localizzazione

Le economie di localizzazione (EL_r^t) sono state esplicitate con una variabile dicotomica che assume il valore 1 nelle regioni del Triangolo industriale (Piemonte, Lombardia, Liguria), il valore 0 altrove.

Nell'analisi della sottoclasse mezzi di trasporto durante il periodo 1951-1961 si è usata una variabile dicotomica che assume il valore 1 nella regione Piemonte, il valore 0 altrove; in quella della chimica di base si è usata una variabile dicotomica che assume il valore 1 in tutte le regioni con almeno 5.000 addetti nel settore, il valore 0 altrove.

Politica regionale

La politica regionale (M_r) è stata esplicitata con una variabile dicotomica che assume il valore 1 nelle regioni meridionali, il valore 0 altrove. Si è anche effettuato il tentativo di pesare la variabile dicotomica con la popolazione regionale, ma non si sono ottenuti sostanziali mutamenti nella stima dell'Equazione (1).

Nell'analisi per sottoclasse di industria manifatturiera la politica regionale è stata esplicitata facendo riferimento soltanto a una o due regioni meridionali, quelle che risultavano direttamente coinvolte dalla politica settoriale di intervento.

Bibliografia

- Antonelli C. (1979), *Survey su alcuni sviluppi dell'economia spaziale: il movimento dell'industria*, *Economia e politica industriale*, 21:5-27.
- Camagni R. (1980), *Teorie e modelli di localizzazione delle attività industriali*, *Giornale degli economisti e annali di economia*, XXXIX (nuova serie), 3-4:183-204.
- Chalmers J.A. e Beckhelm T.L. (1976), *Shift and Share and the theory of industrial location*, *Regional Studies* 10, 1:15-23.
- Chinitz B. (1961), *Contrasts in agglomeration: New York and Pittsburg*, *American Economic Review*, 51:279-289.
- Gudgin G. (1978), *Industrial location processes and regional employment growth*, Farnborough: Saxon House.
- Hamilton, F.E.I. (1974), *A view of spatial behaviour, industrial organizations and decision-making*, in *Spatial perspectives on industrial organization and decision making*, ed. F.E.I. Hamilton, pp. 3-43, London, J. Wiley & Sons.
- Hamilton, F.E.I. (1978), *The changing milieu of spatial industrial research*, in *Contemporary industrialization, spatial analysis and regional development*, ed. F.E.I. Hamilton, pp. 1-19, London, Longman.
- Lloyd P.E. e Dicken P. (1972), *Spazio e localizzazione*, Milano, F. Angeli.
- Moses L.N. (1958), *Location and the theory of production*, *Quarterly Journal of Economics*, 72:259-272.
- Tagliacarne G. (1963), *Calcolo del reddito prodotto dal settore privato e dalla pubblica amministrazione nelle provincie e regioni d'Italia nel 1962 e confronto col 1961*, *Moneta e Credito*, 16:435-439.
- Tagliacarne G. (1973), *Il reddito prodotto nelle provincie italiane*, Milano, F. Angeli.
- Terrasi Balestrieri M. (1978), *I cambiamenti di localizzazione dell'industria manifatturiera in Italia: 1951-1971*, *Studi Economici*, 5:75-89.
- Terrasi Balestrieri M. (1981), *I fattori di localizzazione della industria manifatturiera in Italia*, *Studi Economici*, 13:51-76.
- Terrasi Balestrieri M. (1982), *L'analisi Shift and Share: aspetti metodologici con particolare riguardo alle applicazioni agricole*, *Rivista di Economia Agraria* XXXVII, 1:143-159.
- Weber A. (1929), *Theory of the location of industries*, Chicago, The University of Chicago Press.

Note

1. Si fa riferimento alla classificazione per sottoclassi utilizzata nei censimenti industriali degli anni considerati.
2. E' sorto un problema di omogeneità dei dati sia per quanto riguarda la classificazione industriale che dimensionale delle unità locali. Per il primo aspetto, cfr. M. Terrasi Balestrieri 1978, pp. 83-84. Il problema della omogeneità della classificazione dimensionale riguarda esclusivamente le unità locali con 100 addetti, che nei censimenti '51 e '61 costituiscono il limite superiore di una classe di dimensione, mentre nel censimento '71 costituiscono il limite inferiore della classe successiva. Al fine di limitare al minimo l'inconveniente, si è fatto ricorso ai dati provinciali del censimento '71, che hanno consentito di individuare un buon numero di imprese con 100 addetti, le quali sono state trasferite nella classe di dimensione 6-100.
3. Anche in questo caso è sorto il problema della omogeneità delle classi di dimensione ai tre censimenti. Il problema, che riguarda le unità locali con 500 e 1000 addetti, è stato risolto nel modo già illustrato alla nota 2.
4. Per la Sicilia e la Sardegna la distanza in linea d'aria è stata moltiplicata, rispettivamente, per 1,5 e 2.

I SERVIZI PER LO SVILUPPO DELLE IMPRESE

di Flavio Boscacci[†] - Enrico Ciciotti⁺
Piero Formica⁻ - Franco Rivolta[‡]

Sommario

Il processo di terziarizzazione che coinvolge le imprese dei sistemi metropolitani pone l'alternativa tra l'acquisto di competenze di servizio alla produzione sul mercato e la dotazione al proprio interno di competenze specifiche. Il personale occupato in tali posizioni, il cosiddetto terziario del secondario, è funzione delle politiche di sviluppo dell'impresa e della fase di crescita industriale dell'area.

La ricerca indaga oltre che sul confronto tra queste due misure dell'utilizzo del terziario, anche sulle modalità connesse al ricorso e competenze interne, esterne congiunte e le caratteristiche strutturali delle imprese che a tale politica di ampliamento di competenze si collegano. Emergono altresì le motivazioni che portano le imprese a scelte verso l'internalizzazione od il ricorso esterno ed i rispettivi livelli di soddisfazione.

1. Impresa "Service Intensive" e innovazione

Nella profonda ristrutturazione industriale in atto due elementi, comunque presenti nel sistema produttivo, tendono sempre più ad emergere e a divenire protagonisti: l'innovazione e i servizi.

Da tempo peraltro è noto che l'innovazione, nell'accezione più ampia del termine, cresce e si sviluppa in un ambiente di terziario qualificato o avanzato e sono note le teorie e le verifiche che legano i processi innovativi allo

* IRER - Istituto Regionale di Ricerca della Lombardia -
Foro Buonaparte 65 - Milano - 20121 Italia

+ Università Cattolica del Sacro Cuore - Largo A. Gemelli
1 - Milano - 20123 Italia

- Via Marsala 33 - Bologna - 40126 Italia

sviluppo metropolitano e alla sua terziarizzazione.

Più di recente il tema innovazione ha interessato intensamente anche quel particolare ambito dell'economia costituito dalle imprese di piccole e medie dimensioni che, da una iniziale posizione di subalternità alle logiche della grande impresa, è venuto assunto, con la crisi industriale, un ruolo assai importante nel contesto economico e sociale generale.

Le economie metropolitane, come grandi laboratori socio-economici di avanguardia, stanno operando grandi sintesi tra tutti questi fenomeni fino a far trasparire i prevedibili nuovi assetti della società post-industriale di cui molto si parla nella pubblicistica attuale.

L'indagine ha provveduto alla misurazione del terziario "interno alle aziende" espresso in termini di funzione e per sonale addetto ai servizi per la produzione, ed ha poi rilevato la "domanda" di servizi espressa all'esterno per ogni funzione sviluppata da ogni singola impresa, per tipologia di soddisfacimento delle esigenze e per qualità del servizio acquistato.

Ne sono uscite informazioni qualitative e quantitative interessanti e, anche se i risultati non consentono di stabilire precise "leggi" di comportamento imprenditoriale, sono state confermare le ipotesi poste.

In particolare l'indagine, condotta su un campione di 124 imprese industriali localizzate nell'area milanese, ha consentito di individuare sette tipologie aziendali rispetto alle quali il ricorso ai servizi assume sempre valori superiori a quelli medi del campione. Abbiamo definito "service intensive" le imprese rientranti in tali tipologie. Si tratta di aziende:

- a. pluri-impianto;
- b. che producono per il mercato;
- c. che commercializzano prodotti propri;
- d. con mercato nazionale ed estero;
- e. con fascia di mercato ad alta qualità;
- f. con fascia di mercato di tecnologia avanzata;
- g. che cedono servizi ad altre imprese.

Inoltre si è rilevato che il ricorso ai servizi è influenzato dalla dimensione aziendale nel senso che più grande è l'impresa, maggiore è il ricorso in tutte le aree aziendali, con la sola eccezione della manutenzione, come è chiaramente visibile dalla Tabella 2.

Lo scarto massimo nel ricorso ai servizi tra le imprese più piccole e quelle più grandi è riscontrabile, tra l'altro, nelle aree informatica e tecnica, quelle cioè in cui più sono presenti funzioni di tipo "avanzato" ovvero funzio

ni più decisamente orientate all'innovazione dei processi e dei prodotti.

La maggiore complessità funzionale delle imprese di più grande dimensione tende, in conclusione, ad avvicinarle di più alla qualifica di "innovativa" anche se è da considerare che il livello del ricorso a questo tipo di servizi non è elevato dal momento che si attesta attorno alla metà di quello che sarebbe teoricamente possibile.

Si può osservare che, in complesso, i servizi a più alto grado di utilizzo sono relativi alle aree: amministrazione gestione, formazione, manutenzione e commerciale, che registrano indici prossimi o superiori al 50%; per contro si osserva che nel 70% circa dei casi non si ha alcun tipo di ricorso ai servizi delle aree tecnica e informatica.

Nell'esame di ogni singola tipologia di accesso ai servizi da parte delle imprese le graduatorie del ricorso si modificano sensibilmente (Tabella 4). In particolare, il ricorso verso la propria struttura organizzativa di impresa mostra i più elevati gradi di utilizzo nelle aree amministrazione-gestione, manutenzione e formazione, molto basso è il ricorso interno per l'informatica (12,1%) e per i servizi dell'area tecnica: ricerca e impianti (22,8%).

Per contro, nell'ambito dei servizi che alcune imprese dichiarano di acquistare solo all'esterno, l'informatica è l'area che presenta il maggior grado relativo di utilizzo seguita dalla formazione e dai servizi dell'area commerciale.

Infine, per quella forma di ricorso ai servizi che si avvale contemporaneamente delle competenze interne all'azienda e di consulenze esterne, troviamo al primo posto della graduatoria i servizi afferenti l'area dell'amministrazione - gestione, con intensità di ricorso che supera di poco il 10%. Tutte le altre aree registrano valori molto più bassi.

Questa breve descrizione delle modalità di accesso ai servizi espressa in termini di fonti e di grado di utilizzo per area non tiene conto naturalmente di una più ampia variabilità dei livelli e dei gradi di accesso dei singoli servizi che compongono ciascuna area la cui lettura è possibile attraverso la Tabella 1 in appendice. Essa mostra, in particolare, una forte variabilità nell'utilizzo dei servizi compresi nelle aree commerciale, formazione, manutenzione e informatica, una variabilità alquanto minore invece nel grado di utilizzo dei servizi delle aree amministrazione-gestione e tecnica.

Da queste prime osservazioni si può dedurre, anche se con un certo grado di rischio, che il modello mediano di accesso ai servizi da parte delle imprese del nostro campione è

centrato su due principali caratteristiche: la prima riguarda il comportamento dualistico che le imprese dimostrano nelle modalità di accesso ai servizi, la seconda riguarda la netta propensione che le imprese dimostrano al ricorso alle competenze interne alla propria struttura aziendale.

2. *Il modello di ricorso ai servizi da parte delle piccole e medie imprese*

In generale il "modello" di ricorso a servizi (interni ed esterni) espresso dal campione di piccole e medie imprese osservate dall'indagine non è particolarmente qualificato. Salvo la necessità di conoscere il contenuto effettivo dei servizi che risultano più richiesti, in esso appaiono con maggior frequenza le tradizionali consulenze per la amministrazione e la gestione aziendale che non i servizi strategici ai fini della capacità innovativa delle aziende, ad eccezione forse dei servizi di formazione del personale che risultano molto presenti, ma dei quali si conosce l'alta variabilità dei contenuti.

La Tabella 3 permette di effettuare una prima valutazione del ricorso complessivo ai servizi delle imprese del nostro campione per area di utilizzo e per tipologia di accesso. E' bene precisare che le tre modalità considerate sono tra loro indipendenti, che il ricorso totale è dato dalla somma dei tre indicatori parziali.

La Tabella 5 mostra infatti che, a parte l'informatica, per tutti gli altri servizi le imprese ricorrono alla propria dotazione interna per la soddisfazione di oltre i $\frac{3}{4}$ delle loro esigenze complessive.

A parità di ricorso complessivo, inoltre, la propensione a soddisfare "in casa" il proprio fabbisogno di servizi aumenta al crescere della dimensione aziendale soprattutto per le prestazioni che attengono le aree dell'informatica, della manutenzione e commerciale. Per contro i servizi resi all'area della amministrazione-gestione e della formazione del personale sono decisamente più internalizzati nelle piccole imprese (fino a 200 addetti) che non nelle imprese di medio-grandi dimensioni (v. Tabella 6).

Infine, dall'indagine risulta che, in generale, per quei servizi per i quali si ricorre alle consulenze esterne, la sistematicità delle prestazioni prevale sull'occasionalità. L'opposto, invece, accade per i servizi per i quali si ha un ricorso sia interno che esterno così che si può parlare, in questi casi, di apporti esterni di tipo integrativo dei servizi interni.

Fa eccezione a quest'ultimo riguardo la domanda di servizi per le aree amministrazione-gestione e commerciale dove la sistematicità del ricorso congiunto, interno ed esterno, prevale sulla occasionalità e dove pertanto si può considerare che sussista un più alto grado di complementarietà delle consulenze esterne rispetto a quanto è prodotto all'interno delle aziende (v. Tabella 7).

3. *Dotazione interna di terziario del secondario (T.D.S.)*

L'impresa ha quindi l'opzione tra l'acquisto di servizi presso i fornitori istituzionali e la costituzione all'interno della sua struttura di 'staff' incaricati di sviluppare le funzioni di ricerca, progettazione, informazione e di ogni altro apporto alla gestione del proprio processo produttivo.

Il terziario del secondario (T.D.S.) rappresenta, quindi, l'occupazione che, all'interno delle imprese industriali, fornisce i servizi di cui si è detto. Si può parlare di attività e funzioni non direttamente produttive comprendendo in questa definizione sia il personale occupato in aree esterne alla produzione, indipendentemente dal fatto che svolga attività manuali o intellettuali esecutive o di concetto, sia di personale occupato internamente alla stessa area della produzione, ma limitatamente a quello non impegnato nel processo fisico di produzione. Senza dubbio è una definizione molto ampia che di fatto esclude solo il personale impegnato nel processo fisico di produzione: nella media del campione esaminato raggiunge un valore pari al 34,5% dell'occupazione complessiva (v. Tabella 8).

La dimensione non sembra influire molto su questo valore, non più di 2-3 punti percentuali: la classe di dimensione maggiormente terziarizzata appare quella delle imprese da 200 a 500 dipendenti, il T.D.S. è pari al 37,4%.

Si osserva una variabilità molto maggiore se i dati aziendali sono aggregati per settore. La quota è minima nell'alimentare con il 12,6% e massima nel chimico con il 58,2%. Sembra emergere una netta separazione tra settori ove la specificità tecnologica spinge verso l'alto il valore del terziario interno e settori ove la tecnologia non assume questo ruolo qualificante.

Si badi in tal senso alla relazione tra il valore del T.D.S. e la quota delle funzioni tecniche superiori ed intermedie al suo interno. Tale quota, all'opposto di quanto avviene per le funzioni amministrative, è correlata direttamente al livello di terziarizzazione dell'impresa conferman

do in tal modo che la necessità di attrezzarsi di competenze specifiche di staff deriva prevalentemente dai vincoli e dagli stimoli provenienti dal lato tecnico della vita della impresa.

In complesso otto variabili spiegano, attraverso l'analisi di regressione, il 44% della quota di T.D.S. sul totale: le caratteristiche legate alla struttura ed organizzazione sono senz'altro prevalenti rispetto a quelle relative al mercato ed alle prestazioni (Tabella 9).

Circa il 31% della varianza nella quota di T.D.S. è spiegato da variabili riconducibili alla struttura e all'organizzazione di impresa. Al primo posto troviamo l'appartenenza ad un gruppo seguito dal numero degli impianti che di fatto coincide con la diffusione territoriale dell'impresa. Entrambe queste variabili hanno un effetto positivo sul livello di terziarizzazione interno dell'impresa; analogamente a quanto emerge dalle esperienze estere viene anche confermata l'esistenza di economie di scala nella dotazione di servizi interni in quanto la correlazione del T.D.S. con la dimensione di impresa è negativa.

Un ulteriore 13% della varianza complessiva del T.D.S. può essere attribuito a variabili riconducibili alle prestazioni ed al mercato dell'impresa. Al primo posto troviamo il fatturato per addetto e la qualità dei prodotti (ed il livello della tecnologia) che hanno un effetto positivo sul livello di terziarizzazione interna, anche in questo caso analogamente a quanto evidenziato dalle esperienze estere. Inoltre risulta che le imprese statiche, cioè mature o in fase di consolidamento, tendono ad essere correlate negativamente alla quota di T.D.S.. Anche il fatto di lavorare su commessa ha un effetto negativo sul T.D.S., benchè in quest'ultimo caso il dato si colloca alle soglie della significatività statistica.

In sintesi, pertanto, dovendo tracciare la scheda anagrafica dell'impresa ad alto contenuto del T.D.S. si può dire che essa risulta di medie dimensioni, fa parte di un gruppo ed è articolata sul territorio, cede servizi ad altre imprese, ha un alto fatturato per addetto e produce prodotti di alta qualità (impegnando alta tecnologia), è in fase di crescita o di trasformazione e in genere commercializza direttamente il proprio prodotto.

4. *Servizi interni e servizi acquistati*

Come si è già detto, non esiste identità nella nostra indagine tra le due informazioni che si riferiscono alla auto

sufficienza aziendale relativa ai servizi: cioè alla capacità di fornire dall'interno i contributi necessari. Si sono cioè esplorate due circostanze parzialmente diverse: si è dapprima valutato l'orientamento dell'impresa a soddisfare le esigenze ricorrendo alle strutture interne o rivolgendosi all'offerta di mercato, si è in secondo luogo ricostruito l'organigramma aziendale in modo da accertare l'esistenza e la consistenza di personale impegnato nelle funzioni di servizio.

Anche all'interno dell'azienda quindi si realizza una sorta di confronto domanda-offerta di servizi ove gli staff interni si pongono in alternativa - in un certo senso - rispetto al mercato. I criteri che sottendono la scelta tra interno ed esterno sono tuttavia affatto particolari, se in una certa misura risentono di un confronto diretto di costi e benefici, più rilevanti sembrano quelli connessi sia a logiche organizzative aziendali sia alla definizione di un adeguato mix di competenze all'interno dell'impresa.

Ordinando secondo una graduatoria decrescente i servizi interni ed esterni rispetto al loro utilizzo e confrontando li con la struttura dell'occupazione terziaria nei diversi servizi predisposti all'interno dell'impresa, si osserva una parziale divergenza nell'ordine dei servizi. La Figura 1 offre l'occasione di sviluppare qualche osservazione.

Per alcune aree funzionali (commerciale, tecnica ed informatica) il peso in termini di terziario interno (graduatoria degli occupati) è superiore a quello risultante dalla intensità del ricorso ai servizi interni. Al contrario, per altre aree (manutenzione e capitale umano) il peso in termini di terziario interno è inferiore a quello risultante dalla intensità di ricorso ai servizi interni. Per l'amministrazione-gestione, infine, esiste una perfetta coincidenza nelle graduatorie.

Da queste relazioni si può desumere che, nel primo caso, si abbia un effetto di *widening*, nel senso che il dotarsi di servizi ha comportato un ampliamento dell'occupazione con un possibile sovradimensionamento rispetto all'effettivo utilizzo, soprattutto in relazione alle altre modalità di ricorso. Nel secondo caso al contrario la dotazione interna di una struttura relativamente ridotta - in termini di occupati - porta a più significative quote di ricorso interno: si può ipotizzare un effetto *deepening* ove cioè la presenza di una struttura interna incaricata di una funzione di servizio produce un approfondimento dei compiti senza produrre ampliamenti degli staff interni.

Le affermazioni precedenti possono essere sostenute anche dai dati disponibili circa la dinamica dell'occupazione

Figura 1 - Graduatorie dei servizi rispetto alla quota degli occupati e al ricorso interno od esterno

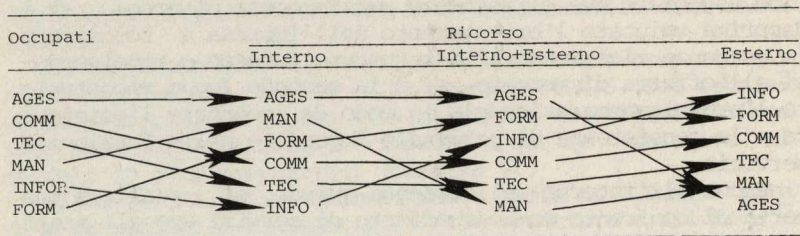
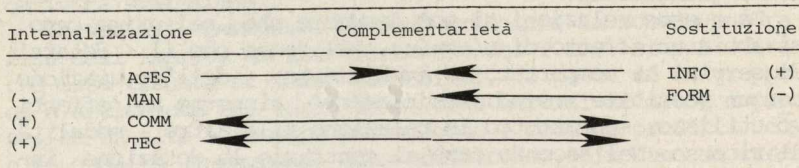


Figura 2 - Sviluppo dell'occupazione per aree negli ultimi cinque anni

Superiore alla media aziendale	Inferiore alla media aziendale
CED	PRODUZIONE
COMMERCIALE	PROGETTAZIONE
AMMINISTRAZIONE	FINANZA
	GESTIONE MATERIALE
	PERSONALE

Figura 3 - Effetti di internalizzazione, complementarietà e sostituzione tra servizi e relativi effetti occupazionali interni



In parentesi, gli effetti occupazionali positivi o negativi

nelle aree aziendali come da Figura 2.

La seconda osservazione riguarda le relazioni tra dotazione interna di competenze specifiche per le singole funzioni terziarie e la domanda rivolta all'esterno per contributi sugli stessi temi. La Figura 4 pone in evidenza per i servizi considerati una differente coerenza tra interno ed esterno.

Nei primi quattro casi: servizi per l'amministrazione, per l'area commerciale, per quella tecnica e la manutenzione degli impianti, nel complesso delle imprese osservate si individua una relazione diretta tra quote del terziario interno ed entità del ricorso esterno. Si ha cioè un utilizzo congiunto e forse anche complementare tra le due provenienze.

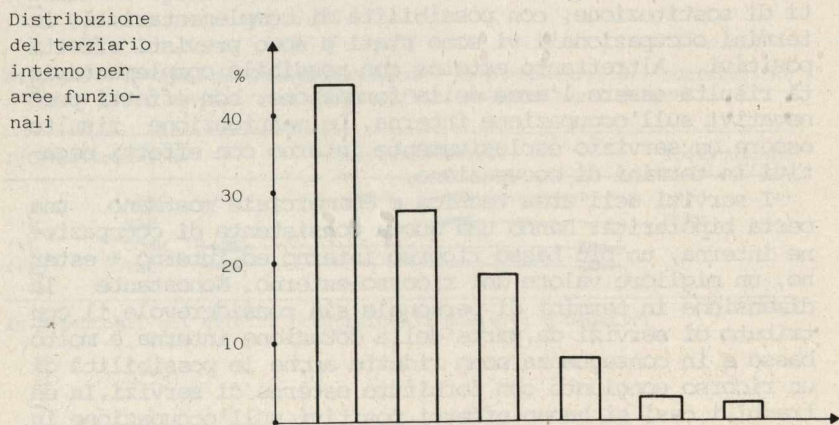
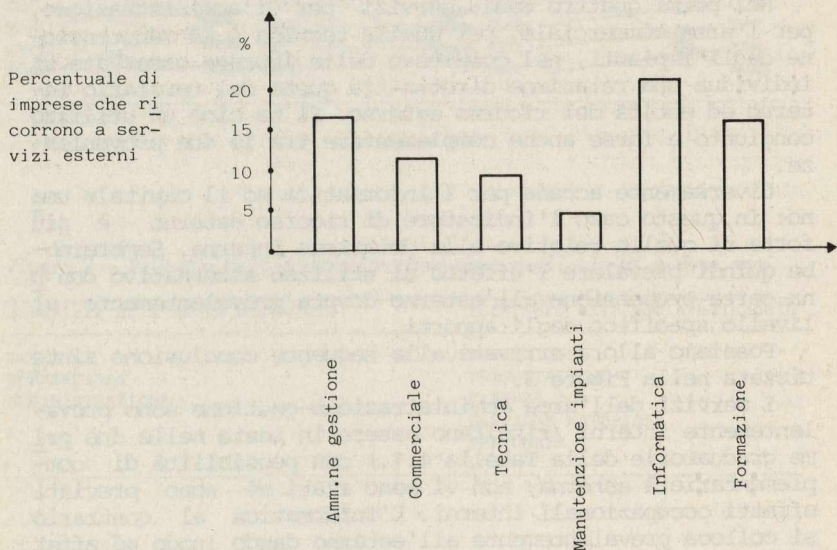
Diversamente accade per l'informatica ed il capitale umano: in questo caso l'indicatore di ricorso esterno è più forte di quello relativo alla dotazione interna. Sembrerebbe quindi prevalere l'effetto di utilizzo alternativo con una certa propensione all'esterno dovuta prevalentemente al livello specifico degli apporti.

Possiamo allora arrivare alla seguente conclusione sintetizzata nella Figura 3.

I servizi dell'area amministrazione-gestione sono prevalentemente interni (risultano essere in testa nelle due prime graduatorie della Tabella 4.1.) con possibilità di complementarietà esterna; non vi sono stati né sono previsti effetti occupazionali interni. L'informatica al contrario si colloca prevalentemente all'esterno dando luogo ad effetti di sostituzione, con possibilità di complementarietà, in termini occupazionali vi sono stati e sono previsti effetti positivi. Altrettanto esterna con possibile complementarietà risulta essere l'area della formazione, con effetti però negativi sull'occupazione interna. La manutenzione risulta essere un servizio esclusivamente interno con effetti negativi in termini di occupazione.

I servizi dell'area tecnica e commerciale mostrano una certa bipolarità: hanno una quota consistente di occupazione interna, un più basso ricorso interno ed interno + esterno, un migliore valore del ricorso esterno. Nonostante la dimensione in termini di personale sia considerevole, il contributo di servizi da parte della dotazione interna è molto basso e in conseguenza sono ridotte anche le possibilità di un ricorso congiunto con forniture esterne di servizi. In entrambi i casi si hanno effetti positivi sull'occupazione interna.

Figura 4 - Confronto tra terziario interno per aree funzionali e ricorso ai servizi esterni



5. I servizi più richiesti

E' apparso chiaro dalle cose dette sinora che esiste una grande variabilità nelle modalità con cui le imprese ricorrono ai singoli servizi. Si è cercato in tal modo di valutare l'intensità con cui singolarmente essi sono richiesti. Ciò è stato ottenuto facendo una media ponderata della posizione che ogni servizio occupa nelle graduatorie di ricorso interno, esterno, interno + esterno, tenendo anche conto del carattere di sistematicità ovvero di occasionalità con cui esso è richiesto. La Tabella 10 esprime questa intensità della domanda dei singoli servizi (il punteggio massimo è 32, pari al numero complessivo dei servizi considerati) rispetto alla domanda statisticamente possibile. Se dividiamo questa domanda in "alta, media e bassa", risulta quanto segue:

- 9 servizi, il 28% del totale, hanno una domanda alta, compresa tra 21,6 e 27,7 punti, cioè tra il 67,5% e l'86,5% del punteggio massimo;
- 20 servizi, il 62% del totale, hanno una domanda media, compresa tra 12,8 e 20,8 punti (cioè tra il 39,9% ed il 64,9%);
- 3 servizi, il 10% del totale, hanno una domanda bassa, compresa tra 9,0 e 9,7 punti (28,2% - 30,2%).

Vediamo in dettaglio i servizi a domanda alta con le rispettive aree funzionali di appartenenza:

- Amministrazione-gestione: organizzazione
pianificazione
(2 servizi su 3 considerati)
- Formazione: formazione quadri
formazione manageriale
formazione professionale
(3 servizi su 4 considerati)
- Commerciale: pubblicità
(1 servizio su 6)
- Tecnica: design e prototipi
(2 servizi su 13)
- Manutenzione: impianti acquistati
(1 servizio su 2)

Il pacchetto di servizi ad alta intensità di domanda dà un'immagine equilibrata della domanda delle aziende con una presenza di ciascuna area funzionale. Amministrazione e ricerca sono presenti con due tipologie. E' presente la formazione per tre diversi livelli professionali. Solo commerciale

le ed impianti sembra non siano presenti con le tipologie di servizio più qualificanti in termini di sviluppo azienda le: pubblicità e manutenzione.

La ricerca applicata ha una intensità della domanda pari al 58,0%, i brevetti pari al 55,8%, gli studi di fattibilità tecnica pari al 48,0%, gli studi di fattibilità commerciale rientrano addirittura nella domanda bassa con il 30,2%.

Analogo discorso si può fare per alcune voci dell'area commerciale, come le ricerche di mercato (64,8%), la promozione (63,0%) ed il marketing (60%), che comunque si situano in una fascia di domanda che potremmo definire medio-alta.

Stupisce, infatti, la bassa intensità della domanda di servizi informatici (da ricordare però che qui sono compresi soltanto i servizi di *software* e di formazione) che si collocano nella fascia medio-bassa.

Sembra, in sintesi, che benchè i singoli servizi possano avere al proprio interno contenuti anche avanzati, in complesso quelli che compaiono nella fascia di domanda alta non sono particolarmente innovativi ovvero strategici ai fini della capacità innovativa delle imprese.

6. *L'evoluzione della struttura organizzativa dell'impresa*

Il processo di terziarizzazione delle imprese industriali ha portato con sè modifiche anche consistenti nell'organizzazione aziendale, sia sotto il punto di vista delle procedure operative, sia nel peso e nelle interazioni tra le diverse funzioni.

L'indagine ha colto di tale complessa evoluzione solo i segni del mutamento quantitativo degli organigrammi, si è rivelato cioè l'incremento e la flessione degli addetti verificatisi nei cinque anni precedenti l'indagine (1981) e le modifiche previste nei successivi 12 mesi. Il risultato è un'immagine dell'evoluzione in peso e in ruolo delle funzioni presenti in azienda.

L'occupazione complessiva nelle 124 imprese del campione è aumentata del 5,3%, ma tutto è avvenuto a carico solo di 22 delle 83 funzioni rilevate. Le aree interessate dai maggiori incrementi sono il CED (+11,6%) e il commerciale (+10,4%) all'interno delle quali sono state particolarmente spinte le funzioni di *product management* (+36,2%), di promozione delle vendite (+18,5%), di analisi delle procedure (+21,3%) e di programmazione (+15,1%).

Altre funzioni particolarmente sviluppare si trovano nel

le aree amministrative e della progettazione (contabilità generale +14%, sviluppo prototipi + 10,9%, ricerca + 9,6%), mentre sviluppi contenuti si rilevano nelle aree della produzione e della gestione materiali.

La Tabella 11 consente di osservare che il 50% delle imprese del campione ha sviluppato l'organico della produzione, il 16% quello dell'amministrazione (contabilità generale) e il 13% circa le funzioni commerciali (amministrazione vendite e *product management*); gli incrementi occupazionali in funzioni diverse da queste sono stati invece conseguiti da un numero molto limitato di imprese.

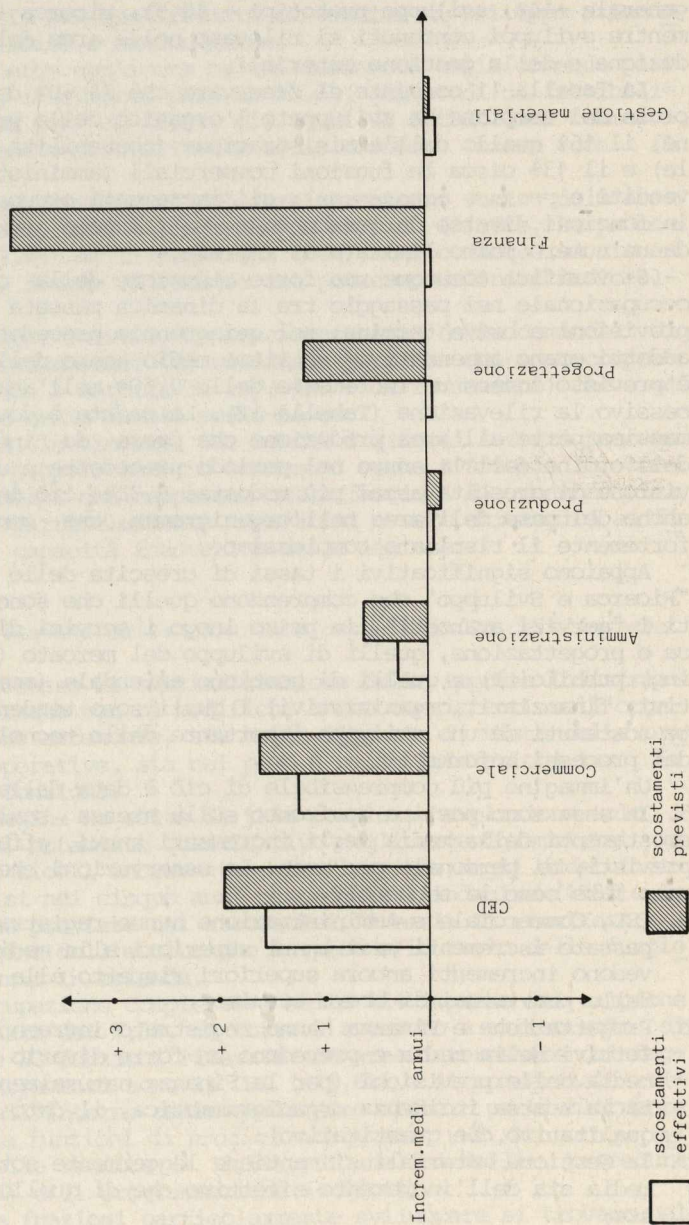
Si verifica comunque una forte riduzione della crescita occupazionale nel passaggio tra la dinamica passata e le previsioni a breve termine: nel quinquennio precedente gli addetti erano aumentati ad un ritmo medio annuo dell'1,04%, è previsto invece un incremento dello 0,60% nell'anno successivo la rilevazione (Tabella 12). La caduta è dovuta in massima parte all'area produzione che passa da incrementi dell'ordine dell'1% annuo nel periodo precedente a una previsione di crescita assai più modesta: 0,32%; ciò in forza anche del peso dell'area nell'organigramma, che condiziona fortemente il risultato complessivo.

Appaiono significativi i tassi di crescita delle aree di "Ricerca e Sviluppo" che comprendono quelli che sono definiti i "servizi avanzati", in primo luogo i servizi di ricerca e progettazione, quelli di sviluppo del mercato (marketing, pubblicità) e quelli di gestione aziendale (amministrativi, finanziari, organizzativi) i quali sono tendenzialmente sostenuti da uno sviluppo importante delle tecnologie e dei processi informatici.

Un'immagine più comprensibile di ciò è data dalla Figura 5. In essa sono posti a confronto sulla stessa scala gli scostamenti della media degli incrementi annui, effettivi e previsti, di personale per area. Le osservazioni che si possono fare sono le seguenti:

- a. CED, Commerciale e Amministrazione hanno registrato in passato incrementi medi annui superiori alla media e prevedono incrementi ancora superiori rispetto alla media delle previsioni di breve termine;
- b. Progettazione e Finanza hanno registrato incrementi effettivi nella media e prevedono un forte divario dalla media delle previsioni (per la Finanza naturalmente, data la scarsa incidenza organigrammatica, il dato è più qualitativo che quantitativo);
- c. la Gestione materiali si mantiene leggermente sotto la media sia dell'incremento effettivo che di quello previsto;

Figura 5 - Sviluppo dell'occupazione: scostamenti dalla media degli incrementi medi annui effettivi (nel precedenti 5 anni) e previsti di personale per area



- d. la Produzione era leggermente sotto la media nel periodo passato e aumenta, in negativo, il divario rispetto allo incremento medio previsto a breve.

Tabella 1 - Ricorso complessivo ai servizi per area funzionale e per modalità del ricorso

Ricoorsi e servizi	Interno			Esterno			Int.+Est.			Totale			Non fanno ricorso			Esterni			Int. + Est.		
	V.A.		%	V.A.		%	V.A.		%	V.A.		%	V.A.		%	Sistem. V.A.		Occas. V.A.	Sistem. V.A.		Occas. V.A.
A. Ricerca	33,3	72,5		7,6	15,3		5,6	12,2		45,9	100,0		78,1								
1. di base	27	87,1	0	0,0	4		12,9	31		100,0	93					0		0	1		3
2. operativa	29	76,3	3	7,9	6		15,8	38		100,0	86					1		2	2		4
3. brevetti	29	82,8	3	8,6	3		8,6	35		100,0	89					3		0	2		1
4. studio prototipi	53	73,6	6	8,3	13		18,1	72		100,0	52					4		2	7		6
5. studio fattibilità	30	88,3	1	2,9	3		8,8	34		100,0	90					0		0	2		1
6. studio fattib.commerc.	21	91,3	2	8,7	0		0,0	23		100,0	101					1		1	0		0
7. design	28	41,2	24	35,3	16		23,5	68		100,0	56					14		10	7		9
8. risparmio energetico	49	74,2	17	25,8	0		0,0	66		100,0	58					0		17	0		0
B. Impianti	31,9	81,0		5,6	14,0		2,0	5,0		39,4	100,0		84,6								
progettati ad hoc																					
1. progett.massa	31	88,6	3	8,5	1		2,9	35		100,0	89					2		1	0		1
2. progett.esecutiva	24	66,7	9	25,0	3		8,3	36		100,0	88					5		4	1		2
3. direzione lavori	23	69,7	9	27,3	1		3,0	33		100,0	91					2		6	0		1
4. ass.avvio gestione	18	75,0	5	20,8	1		4,2	24		100,0	100					3		2	0		1
5. tourn key	5	71,4	1	14,3	1		14,3	7		100,0	117					1		0	0		1
6. assist.manutenzione	26	86,7	3	10,0	1		3,3	30		100,0	94					0		3	0		1
acquistati:																					
7. manutenzione	96	86,5	9	9,1	6		5,4	111		100,0	13					8		1	0		6
C. Amministraz.Gestione	73,7	79,0		5,7	6,0		14,0	15,0		93,3	100,0		30,7								
1. Organizzazione	87	73,8	9	7,6	22		18,6	118		100,0	6					5		4	16		5
2. pianificazione	88	80,0	6	5,5	16		14,5	110		100,0	14					1		5	9		7
3. pubbliche relazioni	46	88,5	2	3,8	4		7,7	52		100,0	72					1		1	3		1
D. Commerciale	47,5	77,6		9,0	14,7		4,7	7,7		61,2	100,0		62,8								
1. marketing	53	88,3	6	10,0	1		1,7	60		100,0	64					3		2	1		0
2. ricerca mercato	27	62,8	10	23,2	6		14,0	43		100,0	81					4		4	2		4

Ricorsi e servizi	Interno		Esterno		Int.+Est.		Totale		Non fanno ricorso	Esterni		Int. + Est.	
	V.A. %		V.A. %		V.A. %		V.A. %			Sistem. Occas. qualif. V.A.		Sistem. Occas. qualif. V.A.	
	V.A.	%	V.A.	%	V.A.	%	V.A.	%	V.A.	Sistem. qualif. V.A.	Occas. qualif. V.A.	V.A.	Occas. qualif. V.A.
3. promozione	47	83,9	5	8,9	4	7,2	56	100,0	68	3	2	1	2
4. pubblicità	39	45,3	33	38,4	14	16,3	86	100,0	38	20	10	10	3
5. merchandising	24	100,0	0	0,0	0	0,0	24	100,0	100	0	0	0	0
6. assistenza clienti	95	96,9	0	0,0	3	3,1	98	100,0	26	0	0	1	1
E. Formazione	57,3	75,4	12,0	15,8	6,8	8,8	76,0	100,0	48,0				
1. ricerca e selezione	86	95,6	2	2,2	2	2,2	90	100,0	34	2	0	0	2
2. formaz.professionale	78	88,6	6	6,8	4	4,6	88	100,0	36	4	1	1	3
3. formaz.quadri	42	59,2	18	25,4	11	15,4	71	100,0	53	11	3	5	6
4. formaz.manageriale	23	41,8	22	40,0	10	18,2	55	100,0	69	13	6	5	5
F. Informatica	15,0	37,0	19,8	48,8	5,8	14,2	40,5	100 0	83,5				
dei processi:													
1. software	14	48,3	12	41,4	3	10,3	29	100,0	95	12	0	2	1
2. formazione	15	51,7	13	44,8	1	3,5	29	100,0	95	10	3	0	1
3. assistenza di gest.	5	17,9	22	78,6	1	3,6	28	100,0	96	20	2	0	1
4. software applicativo	26	34,2	32	42,1	18	23,7	76	100,0	48	0	32	0	18

≠ V.A. : frequenze

% : composizione percentuale del ricorso complessivo

Tabella 2 - Ricorso totale ai servizi per area funzionale e per dimensione d'impresa. Grado di utilizzo dei servizi (‰)

Area	Addetti					Totale imprese
	10-50	51-200	201-500	Oltre 500		
ACES	68.4	70.3	81.6	93.4		75.3
FORM	39.5	57.1	80.3	90.2		61.4
MAN	54.7	59.6	55.3	53.8		58.6
COMM	34.3	47.7	48.3	73.0		49.7
INFO	10.4	33.1	43.7	59.5		32.7
TEC	18.3	29.4	39.8	49.5		31.1

(*) I valori riportati in tabella sono espressione del rapporto tra la somma delle frequenze di ciascuno degli n servizi che costituiscono ciascuna area e le frequenze totali possibili nel caso che tutte le m imprese utilizzino gli n servizi (vedi Tab. 1.). In altri termini, essi esprimono il grado di utilizzo dei servizi che le imprese realizzano in rapporto alle possibilità teoriche che esse hanno di accedere a tutti i servizi disponibili.

(**) Elenco delle aree:

ACES = Amministrazione gestione
 FORM = Formazione
 MAN = Manutenzione

COMM = Commerciale
 INFO = Informatica
 TEC = Tecnica

Tabella 4 - Graduatoria del ricorso ai servizi secondo le aree funzionale e le modalità del ricorso (*)

R i c o r s o				
Interno	Interno+Esterno		Esterno	Totale
AGES	59.4	AGES 11.3	INFO 15.9	AGES 75.3
MAN	49.2	FORM 5.5	FORM 9.7	FORM 61.4
FORM	46.0	INFO 4.7	COMM 7.5	MAN 56.8
COMM	38.3	COMM 3.8	TEC 5.1	COMM 49.7
TEC	22.8	TEC 3.2	MAN 4.8	INFO 32.7
INFO	12.1	MAN 2.8	AGES 4.6	TEC 31.1

(*) Cfr. nota della Tabella 1

Tabella 5 - Graduatoria del ricorso totale ai servizi e propensione delle aziende alla loro internalizzazione secondo le aree funzionali

Area	Ricorso totale (*)	Incidenza % del ricorso interno sul ricorso totale
AGES	75.3	79.0
FORM	61.4	75.4
MAN	56.8	86.6
COMM	49.7	77.6
INFO	32.7	37.0
TEC	31.1	73.3

(*) Cfr. nota della Tabella 1

Tabella 6 - Propensione aziendale (*) alla internalizzazione dei servizi secondo le aree funzionali e la dimensione d'impresa

Area	Addetti					Totale imprese
	10-50	51-200	201-500	Oltre 500		
AGES	80.1	81.4	77.2	76.6		79.0
FORM	96.0	78.2	62.3	63.4		75.4
MAN	79.5	85.6	90.4	100.0		86.6
COMM	75.2	80.5	86.7	80.7		77.6
INFO	30.8	30.5	39.0	51.6		37.0
TEC	73.2	67.3	78.7	77.6		73.3

(*) Incidenza percentuale del ricorso interno sul ricorso totale

Tabella 7 - Natura del ricorso ai servizi esterni. Composizione %

Area (*)	Ricorso		Interno+Esterno	
	Esterno		sistematico occasionale	
	sistematico occasionale		sistematico occasionale	
AGES	41.3	58.7	66.4	33.6
FORM	61.9	38.1	40.9	60.0
MAN	66.7	33.3	-	100.0
COMM	52.6	47.4	52.6	47.4
INFO	53.5	46.5	8.5	91.5
TEC	43.1	56.9	43.8	56.2

(*)= vedi elenco delle aree in Tabella 2

Tabella 8 - Occupazione per funzioni, per classi di ampiezza dell'impresa e per settori. Valori percentuali

[illegible]

Tabella 9 - *Principali variabili esplicative delle quote di T.D.S. sull'occupazione totale*

Variabili	R^2	β
1. <u>Struttura-organizzazione</u>	<u>0.31</u>	
Fa parte di un gruppo	0.19	0.38
Ha più di uno stabilimento	0.08	0.28
Cede anche servizi ad altre imprese	0.01	0.16
Numero di addetti	0.03	-0.16
2. <u>Mercato-prestazioni</u>	<u>0.13</u>	
Fatturato per addetto	0.95	0.21
Ha un prodotto di alta qualità	0.94	0.23
Si definisce statica	0.02	-0.17
Produce esclusivamente su commessa	0.02	-0.13

Tabella 10 - Classifica dei servizi secondo l'intensità della domanda complessiva

Servizi			Domanda	
1.	C1	(Organizzazione aziendale)	27.68	alta
2.	D4	(Pubblicità)	26.82	
3.	A7	(Design)	25.54	
4.	C2	(Pianificazione)	25.32	
5.	A4	(Studio prototipi)	25.29	
6.	E3	(Formazione quadri)	24.89	
7.	B7	(Manutenzione impianti acquistati)	23.27	
8.	E4	(Formazione manager)	21.96	
9.	E2	(Formazione professionale di base)	21.62	
10.	D2	(Ricerche mercato)	20.76	media
11.	D3	(Promozione commerciale)	20.17	
12.	D1	(Marketing)	19.21	
13.	A2	(Ricerca operativa)	18.57	
14.	C3	(Pubbliche relazioni)	18.55	
15.	B2	(Progettazione esecutiva impianti)	18.29	
16.	D6	(Assistenza clienti)	17.98	
17.	E1	(Ricerca e selezione del personale)	17.95	
18.	A3	(Brevetti)	17.88	
19.	F4	(Gestione software applicativo)	15.94	
20.	F1	(Gestione software processi)	15.91	
21.	A8	(Risparmio energetico)	15.89	
22.	B1	(Progettazione dimassima degli impianti)	15.58	bassa
23.	A5	(Studi di fattibilità tecnica)	15.37	
24.	F3	(Assistenza hardware)	15.34	
25.	F2	(Formazione per procedure informatiche)	14.88	
26.	B3	(Direzione lavori impianti)	14.22	
27.	A1	(Ricerca di base)	13.78	
28.	B4	(Assistenza per avvio gestione impianti)	13.18	
29.	B6	(Manutenzione impianti progettati all'interno)	12.77	
30.	A6	(Studi di fattibilità commerciale)	9.65	
31.	B5	(Turn-key)	9.34	
32.	D5	(Merchandising)	9.03	

Tabella 11 - Sviluppo delle funzioni interne: n. delle imprese che hanno sviluppato funzioni interne con o senza incrementi occupazionali nell'ultimo quinquennio

Funzioni	Imprese con incrementi occupazionali		Imprese senza incrementi occupazionali		Imprese che hanno sviluppato funzioni	
	N.	% sul campione	N.	% sul campione	N.	% sul campione
Contabilità generale	20	16.1	1	0.8	21	16.9
Gestione linee credito	1	0.8			1	0.8
Programmi e budget	1	0.8			1	0.8
Produzione di stabilimento	62	50.9	9	7.3	71	57.3
Controllo avanzamento	2	1.6	1	0.8	3	2.4
Manutenzione	2	1.6			2	1.6
Normalizzazioni	1	0.8			1	0.8
Razionalizzazioni			1	0.8	1	0.8
Fornitori	1	0.8			1	0.8
Magazzini	2	1.6	1	0.8	3	2.4
Controllo scorte	1	0.8			1	0.8
Gestione merci	1	0.8			1	0.8
Amministrazione vendite	17	13.7	1	0.8	18	14.5
Product management	16	12.9			16	12.9
Promozione vendite	1	0.8	1	0.8	5	4.0
Gestione commerciale	3	2.4			3	2.4
Selezione personale	2	1.6			2	1.6
Servizi sociali			1	0.8	1	0.8
Sicurezza ambiente di lavoro			1	0.8	1	0.8
CED analisi procedure	2	1.6			2	1.6
CED programmazione	3	2.4			3	2.4
Progettazione di base	4	3.2			4	3.2
Progettazione operativa	3	2.4			3	2.4
Sviluppo prototipi	4	3.2	1	0.8	5	4.0

Tabella 12 - Sviluppo dell'occupazione. Confronto tra gli incrementi annuali effettivi di personale (negli ultimi 5 anni) e quelli previsti a breve termine per area

Area	$\Delta\%$		Struttura % organigramma	$\Delta\%$	
	Annuo effettivo (Xi)	(Xi-X)		Annuo previsto (Yi)	(Yi-Y)
CED	2.50	1.46	0.9	2.54	1.94
Commerciale	2.22	1.18	8.5	2.21	1.61
Amministrazione	1.33	0.29	4.1	1.26	0.66
Produzione	1.02	-0.02	73.3	0.32	-0.28
Progettazione	1.01	-0.03	2.7	1.83	1.23
Finanza	0.56	-0.48	0.7	4.56	3.96
Gestione materiali	0.16	-0.88	6.4	0.15	-0.45
Personale	0.01	-1.03	2.3	-	-
Direzione generale	-	-	2.1	0.62	0.02
Media generale	1.04		100.0	0.60	

Bibliografia

- A.A.V.V. (1973), *Questions à la société tertiaire*, La Documentation Française, Parigi.
- Aydalet P. (1980), *L'entreprise entre l'espace urbain*, Economica.
- Bell D. (1977), *The coming of post-industrial society*, Basic Books.
- Bruni S. (1979), *Tersario e sviluppo economico; il caso italiano*, in *Studi Economici*, n. 9.
- Ciciotti E. (1980b), *Innovazione e tersario industriale*, in *Quaderni Emiliani* Bologna.
- Ciciotti E. (1981), *Verso una metropoli di servizi avanzati?*, in *Città e Società*, n. 3.
- Colle B. (1980), *Politiche di intervento nel settore tersario a livello regionale: il caso della Lombardia*, in *Economia e politica industriale*, n. 25.
- Crum R.E., Gudgin G. (1977), *Non-Production Activities in U.K. Manufacturing Industry*, Commission of the European Communities, Collection Studies, Regional Policy Series, n. 3.
- Formica P. (1981), *Servizi alle imprese e sviluppo regionale: una nota sull'esperienza emiliana*, relazione presentata al Convegno su "Il ruolo insostituibile della piccola e media impresa per una politica di sviluppo e di pieno impiego", Milano, 26 giugno.
- Formica P., et al. (1982), *Il tersario industriale dell'area bolognese*, Biblioteca di Analisi, Bologna.
- Formica P., a cura di (1982), *L'informatica nelle aziende dell'area bolognese*, Biblioteca di Analisi, Bologna.
- Formica P., Spallacci A. (1983), *Indagine sull'offerta di servizi innovativi alle imprese dell'area metropolitana bolognese*, Cesa, Bologna.
- Frey L. (1979), *Occupazione tersaria e sviluppo economico regionale in Italia*, in *Quaderni di Economia del Lavoro*, n. 5.
- Frey L. (1980), *Ruolo del tersario e occupazione*, in *Economia e politica industriale*, n. 25.
- Gershuny J. (1978), *After industrial society*, McMillan, London.
- Goddard J. (1975), *Office location in urban and regional development*, Oxford University Press, Oxford.
- Goddard J.B., Smith I.J. (1978), *Changes in Corporate Control in the British Urban System, 1972-1977*, *Environment and Planning A.*, 10, pp. 1073-1084.
- Gottmann J. (1970), *Urban centrality and the interweaving of quaternary functions*, in *Eistics*, n. 29, pp. 322-331.
- James V.Z., Marshall J.N., Waters N.S. (1979), *Telecommunications and Office Location*, Final Report of D.O.E. funded Project, Centre for Urban and Regional Studies, University of Newcastle upon Tyne.

- Lipietz A. (1978), *La Dimension Régionale du Développement du Tertiaire*, La Documentation Française, in *Activités et Régions*, Travaux et Recherches de Prospective, 75, Paris.
- Lipietz A. (1980), *Polarisation interrégionale et tertiarisation de la société*, in *L'Espace Géographique*, n. 1, p. 33-42.
- Marquand J. (1980), *Le rôle des activités tertiaires dans la politique régionale*, Société régionale, n. 19, Cee, Bruxelles.
- Marshall J.N. (1980), *Spatial Variations*, in *Manufacturing Industry Demand for business services: Some Implications for Government Economic Policies*, Centre for Urban Studies.
- Marshall J.N. (1979a), *Corporate Organization and Regional Office Employment*, in *Environment and Planning A*, Vol. 11, pp. 553-563.
- Marshall J.N. (1979b), *Ownership, Organization and Industrial Linkage: A Case Study in the Northern Region of England*, in *Regional Studies*.
- Monigliano F., Siniscalco D. (1980), *Terziario totale e terziario per il sistema produttivo*, in *Economia e Politica Industriale*, n. 25, pp. 29-71.
- Northern Region Strategy Team (1977), *Strategic Plan for the Northern Region*, voll. 1-5, H.M.S.O.
- Pred A. (1974), *Industry information and city-system interdependencies*, in F.E.I. Hamilton ed.: "Spatial perspectives in industrial organization and decision-making", pp. 105-139, Wiley, New York.
- Pred A. (1975), *On the spatial structure of organization and the complexity of metropolitan interdependence*, Papers of the Regional Science Association, 33, pp. 115-142.
- Pred A., Törnquist G. (1973), *System of cities and information flows*, Lund Studies in Geography, n. 38.
- Törnquist G. (1973), *Contact Requirements and travel facilities: contact models of Sweden and Regional Development Alternatives in future*, in Pred-Törnquist, 1973.
- Vaccà S. (1980), *Un nuovo terziario per trasformare l'industrializzazione*, *Economia e politica industriale*, n. 25.
- Valeyre A. (1978), *Emplois et Régions: La polarisation de l'emploi dans l'espace français*, in *Activités et Régions*, Travaux et Recherches de Prospective, 75, Paris.

ALLOCAZIONE INDUSTRIALE E MORFOGENESI URBANA

di Giovanni Chiriatti-Manfredo Montagnana-
Giacinto Plescia e Alessandro Porcu*

Sommario

Nel presente lavoro, se pure le metateorie scientifiche degli urbanisti appaiono eleganti e talvolta affascinanti si domanda: che cosa è lo specifico urbano? Non risulta che alcun tecnico o teorico abbia assunto questa domanda come punto di partenza; nè chi aggrega dati, calcolando *inputs* o *outputs* in una "*black box*", nè chi riduce la problematica a quella della meccanica newtoniana, utilizzando gli strumenti dell'economia neoclassica (Chiriatti, Plescia, Porcu 1980).

Fra le proposte di matematizzazione della realtà, l'unica che dichiara di muoversi all'interno del contesto indovinato dagli autori è la teoria della stabilità strutturale di R. Thom.

1. Creodo del modello

La città è un sistema aperto che scambia sia materia sia energia con il mondo esterno; è isologica sia alle unità produttive e abitative, che la costituiscono, sia ad altri sistemi aperti della fisica, della biologia e della chimica (vedi figura 1) (Prigogine, Allen, Herman, 1977).

La valutazione diffusa che il sistema urbano sia composto da puntualità atomiche, le cui dinamiche siano esprimibili mediante relazioni algebriche lineari, non convince. All'interno della puntualità, e produttiva e riproduttiva, esiste una conflittualità che esplicita la morfologia urbana.

Quali elementi intervengono in queste forme considerate atomiche e amorfe? Qual'è la dinamica espressa al suo interno ed in interazione con lo spazio metropolitano?

Nel presente lavoro si fa uso dei seguenti elementi fon-

* Politecnico di Torino - Dipartimento di matematica

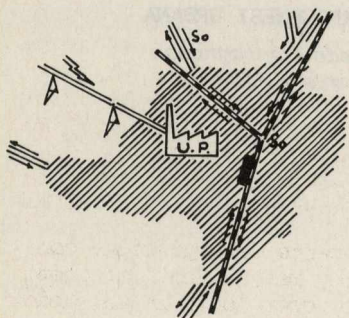


Figura 1
metropoli : sistema aperto

Figura 2
Schema di produzione
in una F

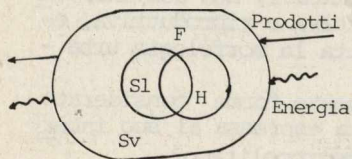
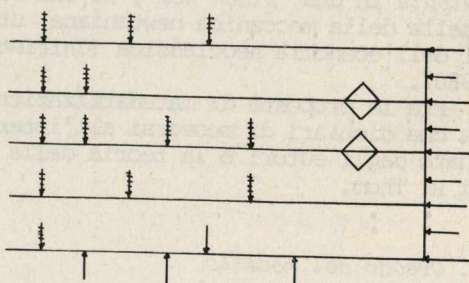


Figura 3
Semantica statica di F

damentali:

- So "sistema organizzativo", insieme dagli elementi, organizzati in forma logica, costituenti l' intelaiatura produttiva e riproduttiva di un sistema urbano; nel modello proposto si considera soltanto un sistema organizzato di produzione (per esempio nel campo dell' abologia, vedi: Prigogine, Nicolis, 1977);
- Up "unità produttiva", sistema aperto di produzione contenente macchine, forza lavoro, merci, fonti energetiche e spazio vuoto connettivo, coordinati in un modo razionale e pianificato definito (vedi figura 2);
- H "macchina", sistema aperto scientificamente organizzato di complessi meccanici classici;
- H' macchina innovata", macchina con sistemi elettronici informativi (*hardware*) e con sistemi algoritmici (*software*);
- Sl "spazio di lavoro", nella nozione standard è lo spazio occupato dalla forza lavoro produttiva; in fase "espansiva" è Psl, quando è riassunto da H è Vsl;
- Psl "pieno spazio di lavoro";
- Vsl "vuoto spazio di lavoro";
- Sv "spazio vuoto", è lo spazio che connette le varie funzioni;
- Ds "desiderabilità spaziale", in forma "espansiva" è quella espressa dall'attività di Psl ed H; in forma "implosiva" è quella espressa da H';
- F "fabbrica", è il simbolo semantico del simbolo fisico Up.

Osservazioni

1. Tutte le variabili sono state qui introdotte a rappresentare spazi delimitati rispetto ad altri ed in interazione con questi. Si può pensare ad una interpretazione di ciascuna variabile rivolta ai processi che si svolgono all'interno dello spazio corrispondente; per non appesantire la trattazione ci si è limitati ad introdurre il simbolo F per rappresentare tale interpretazione in corrispondenza alla variabile Up.
2. In questa fase della costruzione del modello, non vengo-

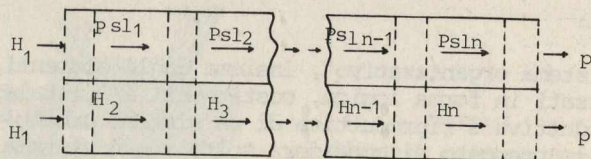


Figura 4

Segmento della dinamica in F

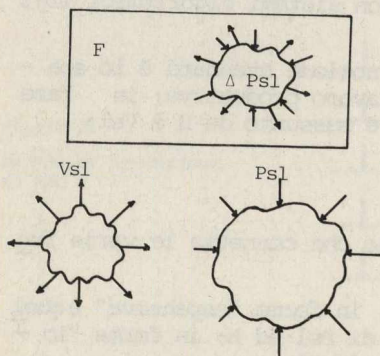
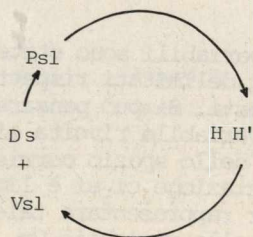


Figura 5

Forme della dinamica di Ds

Figura 6
Semantica di Ds



gono presi in considerazione l'energia ed i prodotti, che si suppongono a flusso continuo e illimitato.

3. Tutte le variabili, in quanto appartenenti allo spazio tridimensionale, si suppongono misurati in metri cubi.

Una visione statica e schematica del modello potrebbe essere, in una prima approssimazione:

$$Sl \ U \ H \ U \ Sv = F,$$

supponendo trascurabile il ruolo dell'energia e dei prodotti (vedi figura 3).

La dinamica

Con riferimento ad un esempio di Prigogine (vedi figura 4), si osserva che Sl in fase espansiva è Psl, caratterizzatore e acceleratore di una reazione produttiva senza essere consumato da quella. Ciascun Psl esegue un compito specifico secondo una sequenza complessa di operazioni.

H è trasformato nel prodotto P dalla azione di Psl ovvero di Psl u H. Il prodotto iniziale è veicolato in un diagramma meccanico, da sinistra a destra: in ciascuna membrana meccanica un Psl "imprigionato" esegue una data operazione sulla materia, per poi mandarla avanti verso lo stadio successivo. Una "fluttuazione" nell'elemento di spazio di lavoro Sl crea instabilità nello spazio occupato, che, al di sotto della dimensione critica, si esprime in Vsl e, al sopra della dimensione critica, si esprime in Psl. Se Sl continua a crescere, esso trasforma lo spazio vuoto in spazio occupato da Ds (vedi figura 5). L'effetto dell'ambiente esterno (che può essere F oppure So), rispetto al quale le fluttuazioni possono considerarsi piccole, tende a smorzare queste attraverso le interazioni che hanno luogo ai bordi della regione. Nel caso di fluttuazioni di piccole dimensioni, gli effetti di bordo dominano completamente e le fluttuazioni tendono a regredire, mentre per fluttuazioni più grandi gli effetti di bordo sono meno sensibili.

Oltre alla visione sincronica vi è quella diacronica, in cui un sistema, supposto sezionabile nella successione $Psl \rightarrow H \rightarrow Psl \rightarrow H \dots$, viene turbato e trasformato (nel suo codice) in $Psl \rightarrow H \rightarrow Psl \rightarrow Psl \rightarrow H \rightarrow Psl \rightarrow Psl \rightarrow H \dots$, ove i nuovi Psl che compaiono hanno già la forma di Ds, secondo una successione di "catalisi incrociate": Psl produce H, H produce Vsl che si trasforma in Psl nella sua fase desiderante Ds (vedi figura 6).

Nel seguito, la fase implosiva, in cui H' è determinante, sarà espressa in versione catabolica thomiana, così come la fase esplosiva sarà espressa nel credo epigenerato da H e da Psl.

Il problema

Consiste nel definire un modello dinamico logico-matematico, della diffusione e continuazione di F (in fase allosterica) in un sistema urbano aperto, relativamente alla interazione conflittuale di H e P_{sl} all'interno di F . Le tappe del lavoro sono: alcuni richiami sulla "stabilità strutturale"; la interpretazione delle variabili e la costruzione del modello; l'evoluzione del sistema: lo studio della dinamica interna; alcune ipotesi su futuri sviluppi della ricerca.

I testi paradigmatici sono stati: l'opera di R. Thom ed in particolare la sua teoria su "Stabilità strutturale omorfogenesi", da cui è stata tratta la formulazione matematica; le possibilità applicative individuate da E.C. Zeeman nella raccolta "*Catastrophe theory*"; l'intuizione fisico-chimica di I. Prigogine condensata nella "Nuova alleanza" e (insieme a Nicolis) in "Le strutture dissipative"; le nozioni biologiche di H.W. Waddington definenti morfologie matematiche come creodo, poliedro epigenetico, ecc.; l'opera visionaria di W. D'Arcy Thompson "Crescita e forma"; la capacità di F. Perraux nello stabilire relazioni tra topologia e spazio urbano.

2. *Lineamenti della teoria della stabilità strutturale*

Lo scopo di questo paragrafo è di richiamare alcuni elementi teorici esposti nei lavori di Thom, Malgrange, Mather, Zeeman, Poston, Stewart e altri studiosi. La presentazione si articolerà a due livelli per rispecchiare diversi stati di avanzamento della ricerca. Il punto di vista statico ha trovato sistemazione in articoli e manuali che evidenziano i punti principali della teoria (vedi Poston e Stewart, Saunders, Zeeman e più recentemente Gilmore). Invece i concetti di morfologia generale propri del punto di vista metabolico sono rimasti, in buona parte, nella forma originale in cui li ha espressi lo stesso Thom.

Secondo Thom, un modello statico consiste di due varietà differenziabili e di un campo di applicazioni: in ogni punto regolare lo stato del processo considerato è descritto da un'applicazione tra le due varietà. Per costruire un modello metabolico in un punto regolare si devono invece assegnare: una varietà differenziabile, un campo di vettori dipendente dalle variabili spaziali e dal tempo ed un attrattore della dinamica così definita.

Per chiarire questi concetti e giungere all'enunciato del

Teorema di classificazione, che si può considerare il punto di arrivo dello studio generale dei modelli statici, conviene introdurre le seguenti notazioni.

$B \subset \mathbb{R}^3$	sottoinsieme dello spazio ordinario;
$T = \mathbb{R}$	retta reale, considerata come asse dei tempi ;
$W \subset B \times T$	intorno del punto P nello spazio-tempo;
M	varietà ad n dimensioni, definente i parametri interni del sistema;
X	campo vettoriale su M, applicazione che ad ogni punto P di W associa un vettore X dello spazio tangente di M; nei modelli statici si suppone X sia un campo di gradiente, e pertanto esiste una funzione potenziale $V(x;P)$ tale che $X(x;P) = - \text{grad } V(x;P)$, con $x \in M$, $P \in W$;
$C^\infty(M, \mathbb{R})$	spazio delle funzioni $V : M \rightarrow \mathbb{R}$ indefinitamente differenziabili, dotato della topologia di Whitney;
$s : W \rightarrow C^\infty(M, \mathbb{R})$	applicazione che associa ad ogni punto $P \in W$ una funzione $V : M \rightarrow \mathbb{R}$.

Definizione 1.

Due potenziali $V_1(x;P)$ e $V_2(x;P)$ sono *equivalenti* se esistono: una famiglia di diffeomorfismi $Q_x : W \rightarrow W$; un diffeomorfismo $e : M \rightarrow M$ una applicazione regolare $d : M \rightarrow \mathbb{R}$; tali che risulti $V_2(x;P) = V_1(e(x); Q_x(P)) + d(x)$.

Definizione 2.

Un potenziale $V(x;P)$ è *strutturalmente stabile* se è equivalente ad ogni funzione

$$V + b : W \times M \rightarrow \mathbb{R},$$

dove $b : W \times M \rightarrow \mathbb{R}$ è sufficientemente piccola nella C^1 -topologia.

Definizione 3.

Si dice che $P_0 \in W$ è un *punto di catastrofe* se il P_0 il minimo assoluto del potenziale $V(x; P_0)$ o viene raggiunto in corrispondenza di almeno due punti $x', x'' \in M$ (catastrofe di conflitto) oppure viene raggiunto in un unico punto $x_0 \in M$, ma cessa di essere stabile (catastrofe di biforcazione). Per tanto, se P_0 è un punto di catastrofe, risulta:

$$\text{grad } V(x; P_0) = 0$$

Nel seguito l'insieme dei punti di catastrofe sarà indicato con $A \subset W$. L'insieme delle funzioni $V \in C^\infty(M, R)$ immagini, tramite l'applicazione s , di punti di catastrofe $P_0 \in A$, verrà indicato con $K \subset C^\infty(M, R)$.

Per definizione risulta:

$$A = s^{-1}(K).$$

Definizione 4.

Un *attrattore* del sistema dinamico (M, X) è un insieme chiuso $\Phi \subset M$, invariante rispetto ad X , che soddisfa le condizioni

- (i) esiste un aperto invariante $U \subset M$, con $\Phi \subset U$, detto *bacino* dell'attrattore Φ , tale che ogni traiettoria per un punto di U tende verso Φ ;
- (ii) Φ è indecomponibile, cioè quasi ogni traiettoria di X in Φ è densa in Φ .

Si ricordi che qui il campo vettoriale è un campo di gradiente.

Definizione 5.

Un attrattore Φ è *strutturalmente stabile* se ogni potenziale V_1 abbastanza vicino a V nella C^1 - topologia ammette un attrattore Φ_1 che trasforma le traiettorie di V in traiettorie di V_1 .

Se in un punto $P_0 \in W$ la dinamica locale (M, X) è in uno stato limite definito da un attrattore strutturalmente stabile $\Phi(P_0)$, allora si ha $P_0 \in A$, cioè P_0 è un punto regolare: il massimo intorno E di P_0 , interamente formato da punti regolari, si dice *dominio di esistenza* dell'attrattore $\Phi(P_0)$. Se invece $P_0 \in A$, cioè P_0 è un punto di catastrofe, allora in un intorno di P_0 esistono almeno due attrattori Φ_1

e ϕ_2 i cui domini di esistenza incontrano l'intorno stesso: la competizione fra ϕ_1 e ϕ_2 è possibile solo se i bacini di ϕ_1 e ϕ_2 hanno frontiera comune in M .

Osservazioni

1. Non esistono risultati generali riguardanti gli attrattori di un dato campo X ; vi sono esempi in cui il numero di attrattori è finito oppure presentano una infinità di tipi topologici per un insieme denso di campi vicini a X .
2. In un punto $P \in W$ i regimi locali stabili sono definiti dagli attrattori strutturalmente stabili del campo X ; quindi, se X è un campo di gradiente, essi sono definiti dai minimi del potenziale $V(x;P)$, cioè dall'equazione $\text{grad}_x V(x;P) = 0$.
3. Se $P \in W$ è un punto regolare del processo considerato ed esistono due o più minimi del potenziale, corrispondenti ad altrettanti attrattori, uno solo di questi può dominare. Per decidere quale attrattore prevale, si può fare riferimento ad una delle seguenti possibilità, tenendo presente la natura del processo: prevale l'attrattore corrispondente al potenziale più piccolo (convenzione di Maxwell); l'attrattore inizialmente dominante continua a prevalere fino alla scomparsa del corrispondente minimo (convenzione del ritardo perfetto); il sistema abbandona l'attrattore che dominava inizialmente per avvicinarsi all'attrattore corrispondente al minimo assoluto del potenziale solo se non deve superare una barriera di potenziale troppo alta (convenzione del ritardo imperfetto).

Teorema di classificazione

Sia $V_u : M \times \mathbb{R}^r \rightarrow \mathbb{R} \ (u \in \mathbb{R}^r)$

una famiglia ad r parametri di potenziali; se $r < 5$, allora esiste un aperto H denso in $C^\infty(M \times \mathbb{R}^r, \mathbb{R})$ i cui elementi $V_u(x)$ si dicono funzioni *generiche* e sono tali che:

- (i) l'insieme $N \subset M \times \mathbb{R}^r$ definito da $\text{grad}_x V_u(x) = 0$ è una varietà ad r dimensioni;
- (ii) l'applicazione $X : N \rightarrow \mathbb{R}^r$ indotta dalla proiezione $M \times \mathbb{R}^r \rightarrow \mathbb{R}^r$ è localmente stabile in ogni punto di N , per piccole perturbazioni di V_u ;
- (iii) ogni singolarità di X è equivalente ad una tra un numero finito di singolarità dette *catastrofi elementari*; inoltre, nell'intorno di ciascuna singolarità, la

famiglia V_u è equivalente ad una tra un numero finito di famiglie, dette *dispiegamenti universali* delle catastrofi elementari.

Per completezza vengono elencati i nomi delle undici catastrofi elementari ed i corrispondenti dispiegamenti universali.

Com'è noto (Thom, 1974) si distinguono catastrofi di corango uno, dette *cuspidali*, e catastrofi di corango due, dette *ombelicali*. Per le prime si verifica che uno solo parametro interno x è sufficiente per descrivere la singolarità, mentre le altre $n - 1$ non giocano alcun ruolo. Analogamente, le singolarità ombelicali richiedono solo due parametri interni x ed y per essere descritte.

Zeeman chiama x oppure (x, y) *variabili di stato* o *comportamentali*, mentre chiama *parametri di controllo* le variabili dello spazio R^r , che è trasversale agli strati da cui è formato l'insieme K .

Catastrofi elementari

Cuspidali

piega	$x^3 + ux,$
cuspidale	$x^4 + ux^2 + vx,$
coda di rondine	$x^5 + ux^3 + vx^2 + wx,$
farfalla	$x^6 + ux^4 + vx^3 + wx^2 + sx,$
wigwam	$x^7 + ux^5 + vx^4 + wx^3 + sx^2 + tx;$

Ombelicali

ellittico	$x^3 - xy^2 + u(x^2 + y^2) + vx + wy,$
iperbolico	$x^3 + y^3 + uxy + vx + wy,$
parabolico	$x^2y + y^4 + ux^2 + vy^2 + wxy + sx + ty,$
simbolico	$x^3 + y^4 + uxy^2 + vy^2 + wxy + sx + ty,$
2^0 ellittico	$x^2y - y^5 + uy^3 + vx^2 + wy^2 + sx + ty,$
2^0 iperbolico	$x^2y + y^5 + uy^3 + vx^2 + wy^2 + sx + ty,$

Osservazione

Il numero r delle variabili di controllo coincide con la codimensione delle corrispondenti singolarità.

Per la descrizione di altre singolarità, come quelle "a labbra" o "becco a becco" proprie degli strati di transizione, si fa riferimento ad altri testi (Saunders, 1980).

Mentre in un modello statico (dinamica di gradiente) ogni attrattore è puntuale nelle varietà M degli stati inter-

ni, se si passa ad un modello metabolico si osservano scomparse, nascite e trasformazioni degli attrattori esistenti.

Come si è accennato non esiste uno studio sistematico delle trasformazioni degli attrattori di un campo a seguito di qualche perturbazione. Ci si deve pertanto limitare ad uno studio di tipo qualitativo che troverà sviluppo nel paragrafo seguente.

Definizione 6.

Dato un modello metabolico di dinamiche locali dominanti su un aperto W dello spazio-tempo, si chiama *forma metabolica* l'insieme dei punti $P \in W$ ove domina un attrattore ϕ del campo.

La frontiera del supporto di una forma metabolica può essere topologicamente molto complicata ed è molto sensibile alle perturbazioni: se queste crescono fino a bloccare il metabolismo sottostante, la forma si dissolve in un continuo di forme elementari più semplici (statiche o metaboliche), dando origine ad una *catastrofe generalizzata*.

In un certo senso, il problema della costruzione di un modello per una catastrofe generalizzata non è ben posto. Infatti si può dire che una simile catastrofe non è un processo formalizzabile.

Si può tentare di superare la difficoltà esaminando di volta in volta l'origine della trasformazione del campo metabolico. Se, ad esempio, si tratta di un attrattore ϕ a più dimensioni, che si disgrega a favore di attrattori di dimensione minore, si ha una *catastrofe catabolica*. Viceversa, si possono incontrare catastrofi *anaboliche* che portano alla formazione di attrattori di dimensione maggiore, la cui costruzione richiede in generale una infinità di catastrofi ordinarie.

L'analisi delle catastrofi generalizzate poggia su un concetto fondamentale, quello di *creodo*.

Definizione 7.

Un *creodo* c nello spazio-tempo è individuato da:

- (i) un aperto ∇ nell'iperpiano $t = 0$, detto *aperto di iniziazione*;
- (ii) un cono $C(P)$, per ogni punto P dell'aperto di iniziazione ∇ ; la unione di tutti i coni $C(P)$ costituisce un aperto W , detto *zona di influenza del creodo*;

- (iii) un aperto $\Omega \subset W$ contenente ∇ al suo bordo, detto *supporto* del creodo, sul quale è definito (a meno di un isomorfismo) un campo morfogenetico, statico o metabolico: l'insieme $W - \Omega$ si chiama *zona ombelicale* o *diforcazione* del creodo.

Osservazione

Ciò che caratterizza il concetto di creodo, rispetto a quello di campo morfogenetico, è il ruolo che nel creodo assume la variabile temporale (vedi figura 7, in cui lo spazio ordinario è rappresentato da un piano).

3. *Le variabili formalizzate*

Formalizzare le variabili è difficile. Generalmente, dal punto di vista matematico, si procede secondo metodi derivanti da due tipi di modelli: i modelli formali ed i modelli continui.

I primi hanno le proprietà cinematiche dei sistemi formali, vengono descritti facilmente con procedimenti assiomatici o combinatori e la loro deduzione è teoricamente meccanizzabile. Lo svantaggio consiste nell'essere la deduzione una operazione indeterminata, suscettibile d'indecidibilità.

Con un modello formale non è descrivibile alcuna dinamica.

Nei modelli continui, invece, la dinamica è agevolmente analizzata: un sistema differenziale strutturalmente instabile può esprimere fenomeni qualitativamente indeterminati. Vi sono inconvenienti: volendo equazioni differenziali esplicite si deve far uso di un piccolo numero di semplici entità geometriche o algebriche. Qui riemergerebbe la superiorità del modello formale, collettore di relay più complessi ma destinati a produrre proposizioni indecidibili.

Recentemente logici e matematici hanno traslato il problema di scelta: dall'esame dei difetti a quello dei pregi. Dei secondi ne esiste uno di notevole pregnanza: un qualsiasi modello per essere tale deve essere intelleggibile, ovvero ammettere una "realizzazione semantica", in cui si associa ad ogni simbolo del sistema un significato. Ora non esiste un linguaggio intelleggibile in assenza di una geometria o dinamica, i cui attrattori strutturalmente stabili producano simboli del linguaggio, formalizzante gli stati strutturalmente stabili del processo.

Per analizzare un fenomeno è necessario misurarlo; per mi

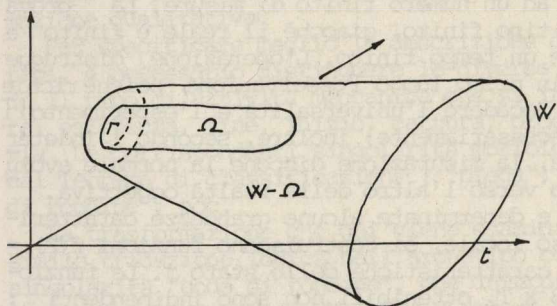


Figura 7
Il creodo

Figura 8
Archetipo dell'innovazione

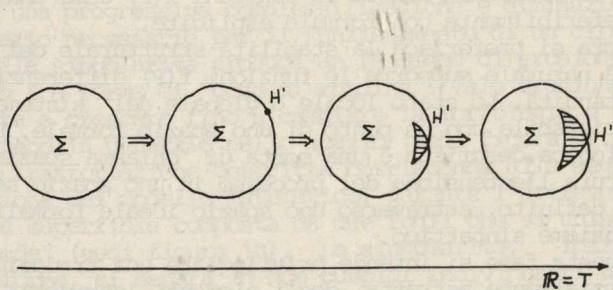
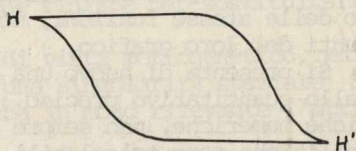


Figura 9
Morfogenesi della catabolia spaziale

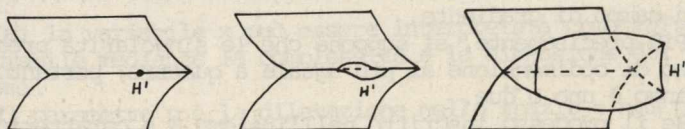


Figura 10
Dispiegamento della singolarità catabolica

surarlo occorre introdurre nell'evento un numero finito di sonde e procedere ad un numero finito di misure. La prova sperimentale è di tipo finito, giacchè il reale è finito e la misura richiede un tempo finito. L'operazione distrugge però due valori: in primo luogo l'osservazione, poichè richiede isolamento, fa decadere l'universalità e l'esperimento risulta parziale, necessariamente; inoltre, secondo l'indeterminatezza quantica, la misurazione dispone la normale evoluzione del processo verso l'altro della realtà oggettiva. Ammessa la misura e determinate alcune grandezze caratteristiche del processo locale, si costruiscono funzioni $f(P) = f(x_1, x_2, x_3; t)$ caratteristiche dello stato π . Le funzioni $f(P)$, $P \in W \subset B \times T$, ottenibili non sono indipendenti: il calcolo è possibile soltanto partendo da un numero finito delle stesse funzioni, note solo in un insieme finito di punti del loro grafico.

Si presenta di nuovo una scelta. Nel caso si voglia unmo dello quantitativo preciso, si procede verso calcoli e verifiche numeriche, non sempre semplici (solamente le funzioni analitiche sono calcolabili, in verità i polinomi di basso grado). La procedura denota le funzioni $f(P)$ come analitiche, preferibilmente con formule esplicite.

Qualora si preferisca la stabilità strutturale del processo, è naturale supporre le funzioni $f(P)$ differenziabili con continuità. Lo stato locale o globale del sistema è parametrizzabile con un punto di uno spazio formale. La forma topologica descritta è una sorta di "chiasma spaziale" che cattura l'estensione del processo in uno spazio semanticamente definito, attraverso uno spazio ideale formalizzato da un insieme sintattico.

In questa fase si intende privilegiare una traduzione, ancora parzialmente astratta, degli elementi introdotti nel paragrafo 2, mediante i costituenti fondamentali dalla teoria esposta nel paragrafo precedente.

La generica unità produttiva U_p è interpretata, nella sua evoluzione temporale, come sottoinsieme W dello spazio-tempo. Il processo che si sviluppa in W è descritto da un modello statico definito da un sistema dinamico (M, X) , dove X è un campo di gradiente.

Più precisamente, si suppone che le singolarità presenti siano di codimensione al più uguale a quattro; pertanto il corango è uno o due.

Se il processo inscritto nell'insieme W è caratterizzato da un sistema H di complessi meccanici classici, il corango viene supposto uguale a uno e l'unica variabile determinante per il modello identifica le proprietà spaziali di H . In altri termini, la forma di H può essere pensata elemento di

uno spazio topologico configurante un archetipo: ad ogni archetipo si può pensare associata una forma-logos di trasformazione qualitativa.

Per specificare meglio la descrizione dei singoli archetipi, è necessario distinguere le diverse situazioni, secondo il tipo di attività meccanica che si intende far risaltare: esistenza, fine, inizio, cattura, produzione, e così via. Le corrispondenti singolarità morfologiche si deducono dal Teorema di classificazione: "piega", "cuspidi", "coda di rondine", ecc.

La trasformazione che qui viene esaminata trova una vero simile traduzione logica nell'archetipo corrispondente alla singolarità "coda di rondine", che interpreta il passaggio, in termini spaziali, da H a H' : H genera un congegno H' che distrugge H stesso, nel senso che finisce per sostituirsi ad H progressivamente.

Semanticamente, da un punto di vista morfogenetico, nello spazio Σ occupato da H compare una singolarità spaziale H' che, in questa fase, non perturba in modo rilevante l'attività di H .

Man mano che H' si trasforma verso l'innovazione, cioè verso una progressiva complessificazione e diminuzione dello spazio necessario per il funzionamento di un circuito logico, la singolarità produce un fenomeno di erosione nello spazio Σ a forma di "coda di rondine". Tale erosione è destinata a crescere fino a cambiare la morfologia e creare una catabolia generale nello spazio (vedi figura 9).

La trasformazione descritta corrisponde alla seguente evoluzione del modello matematico, durante l'attraversamento di una superficie composta da due fogli che si uniscono a "cuspidi" (vedi figura 10). La singolarità, inizialmente puntiforme, si separa in due cuspidi individuanti una singolarità a "labbra"; successivamente lo spazio racchiuso dalle "labbra" si estende, deformando la superficie fino a trasformarla in una "coda di rondine", il cui dispiegamento universale è:

$$V(x,u,v,w) = x^5 + ux^3 + vx^2 + wx.$$

Qui la variabile x può essere interpretata come *software* misurabile mediante la complessità e la dimensione dei programmi.

Il parametro v è la dilatazione nello spazio e nel tempo del congegno H' ; mentre il parametro w è l'erosione dello spazio Σ da parte di H' nello spazio e nel tempo.

Il parametro u esprime la trasformazione complessiva dello spazio durante il tempo t : per $t = 0$, il valore $u = 0$

corrisponde alla forma puntuale della singolarità. Quando t cresce cresce anche $|u|$: fino ad un certo istante $t = t_0$ e esiste un $a \in \mathbb{R}$ tale che, per $|u| < a$ la sezione secondo il piano (v, w) contiene una curva a "coda di rondine", mentre per $|u| \geq a$ la sezione contiene una "cuspid". Per $t > t_0$ la sezione normale all'asse u contiene una curva a "coda di rondine", per ogni $u \in \mathbb{R}$ (vedi figura 11).

Come si è accennato esistono archetipi più complessi atti a descrivere, ad esempio, la formazione di un messaggio in corrispondenza ad una singolarità a "farfalla", ma in questa sede non si intende procedere oltre nell'analisi della morfogenesi interna, circa la interazione tra H e H' .

Il processo in atto nell'unità produttiva non è caratterizzato solamente dalla trasformazione di H in H' ; esiste un altro fattore, il pieno spazio di lavoro Psl , la cui azione su H e H' determina l'evoluzione del processo in Up . E' utile, ai fini della successiva costruzione di un modello metabolico, definire il pieno spazio di lavoro come un creodo p individuato nel seguente modo.

L'aperto di iniziazione ∇ ($t = 0$) di p è l'insieme Vsl (vuoto spazio di lavoro), cui Psl si riduce quando viene sussunto da H o da H' . Il campo morfogenetico (qui ancora di tipo statico) definito sul supporto Ω di p è un campo (M, X) in cui la varietà M è \mathbb{R} o \mathbb{R}^2 e corrisponde a Psl in espansione. Ovviamente è possibile esplicitare la corrispondenza in termini di singolarità e dispiegamenti universali, come è stato fatto per la trasformazione di H in H' . Infine la zona ombelicale $W - \Omega$ di p (con riferimento ad una interpretazione metabolica del processo in atto nell'unità produttiva) corrisponde ad una trasformazione dell'attrattore dominante di Psl , che diventa instabile, esprimendo desiderabilità spaziale che agisce sulle macchine H e H' .

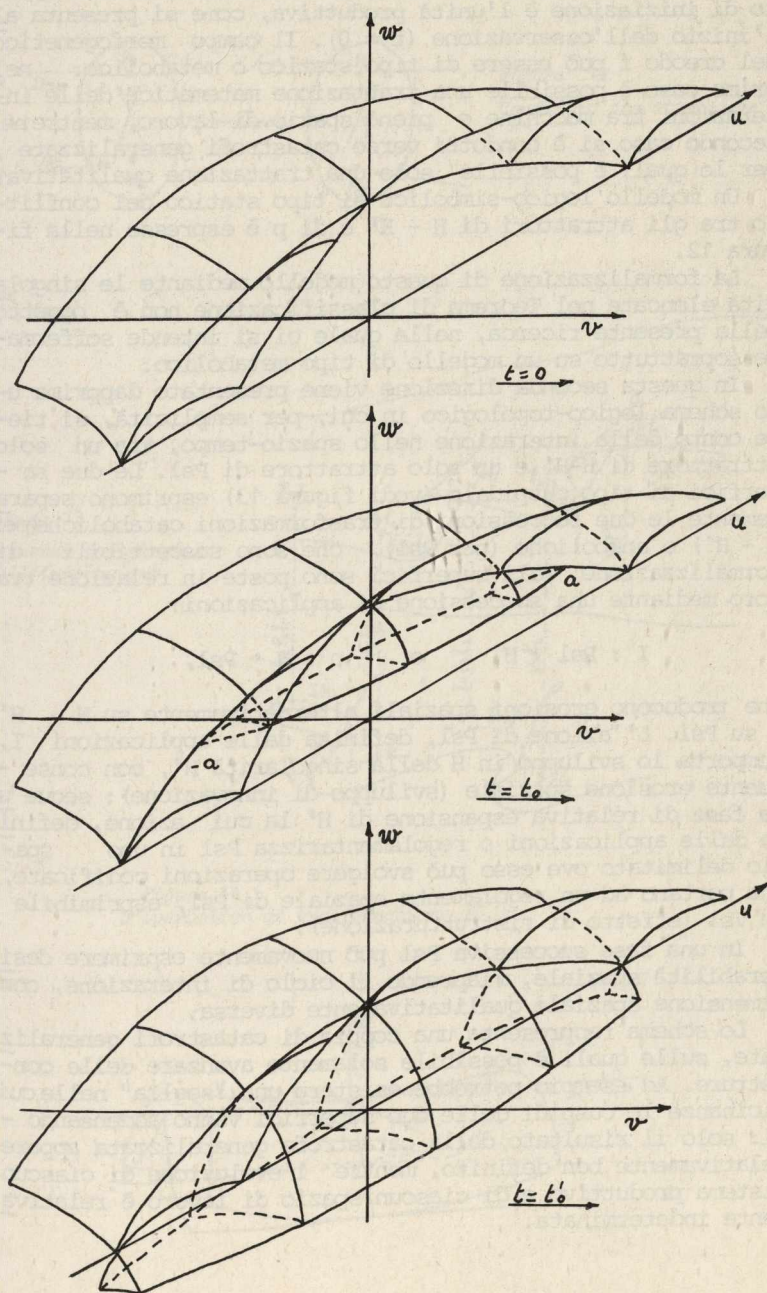
L'unità produttiva che viene associata a W è dunque caratterizzata da due famiglie di attrattori: quella relativa ai sistemi produttivi delle macchine e quella relativa al creodo che definisce il pieno spazio di lavoro.

Il processo si evolve in W sotto la spinta delle interazioni tra le due famiglie di attrattori e comporta sia modificazioni dello stato interno di W , sia mutamenti della forma stessa dell'unità produttiva.

4. Descrizione del modello interno

Si è già introdotto nel paragrafo 2 il simbolo F per rappresentare il processo che si svolge nell'unità produttiva Up , la quale conserva il suo significato fisico di sistema

Figura 11 - Catabolia a coda di rondine.



inerte. F viene definita mediante un creodo f il cui apertto di iniziazione è l'unità produttiva, come si presenta al l'inizio dell'osservazione ($t = 0$). Il campo morfogenetico del creodo f può essere di tipo statico o metabolico: nel primo caso è possibile una trattazione matematica delle interazioni tra macchine e pieno spazio di lavoro, mentre nel secondo caso si è condotti verso catastrofi generalizzate, per le quali è possibile solo una trattazione qualitativa.

Un modello logico-simbolico di tipo statico del conflitto tra gli attrattori di $H - H'$ e di p è espresso nella figura 12.

La formalizzazione di questo modello mediante le singolarità elencate nel Teorema di classificazione non è oggetto della presente ricerca, nella quale ci si intende soffermare soprattutto su un modello di tipo metabolico.

In questa seconda direzione viene presentato dapprima uno schema logico-topologico in cui, per semplicità, si tiene conto della interazione nello spazio-tempo, tra un solo attrattore di $H-H'$ e un solo attrattore di Psl . Le due superfici di tipo cuspidale (vedi figura 13) esprimono separatamente le due successioni di trasformazioni cataboliche (per $H - H'$) o anaboliche (per Psl), che sono suscettibili di formalizzazione. Tali superfici sono poste in relazione tra loro mediante una successione di applicazioni:

$$I : Psl \rightarrow H \quad e \quad p : H \rightarrow Psl,$$

che producono erosioni spaziali alternativamente su $H - H'$ e su Psl . L'azione di Psl , definita dalle applicazioni I , comporta lo sviluppo in H della singolarità H' , con conseguente erosione spaziale (sviluppo di innovazione): segue una fase di relativa espansione di H' la cui azione, definita dalle applicazioni p regolamentarizza Psl in uno spazio delimitato ove esso può svolgere operazioni codificate, che portano ad un regolamento spaziale di Psl , esprimibile in Vsl (effetto di ristrutturazione).

In una fase successiva Psl può nuovamente esprimere desiderabilità spaziale, riaprendo il ciclo di interazione, con dimensione spaziale qualitativamente diversa.

Lo schema rappresenta una coppia di catastrofi generalizzate, sulle quali è possibile solamente avanzare delle congetture. Ad esempio potrebbe esistere una "soglia" nelle cui vicinanze le cuspidi delle due superfici vanno addensandosi: solo il risultato della catastrofe generalizzata appare relativamente ben definito, mentre l'evoluzione di ciascun sistema produttivo e di ciascun spazio di lavoro è relativamente indeterminata.

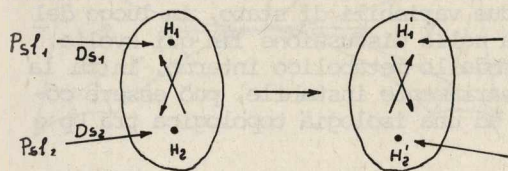


Figura 12
Conflitto tra attrattori

Figura 13
Sequenza topo-logica
dell'innovazione

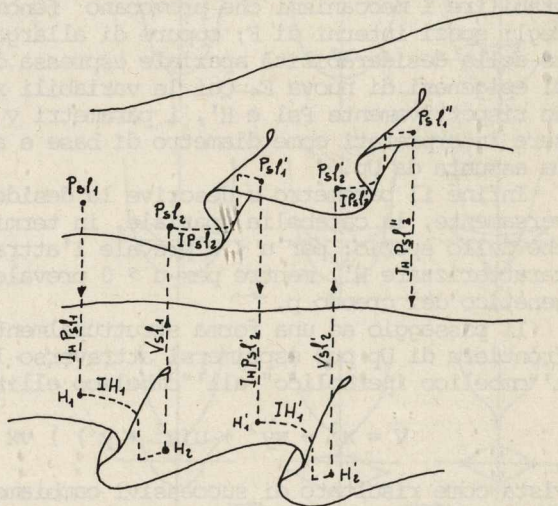
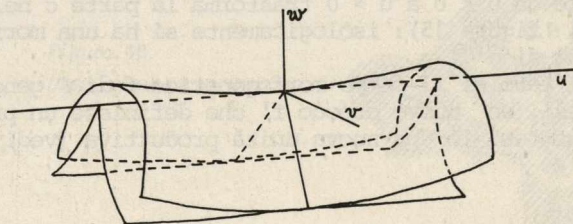


Figura 14
L'iperbolico di trasformazione di Up



Nel seguito verrà introdotta una semplificazione, indispensabile per sviluppare una trattazione formalizzata: $H - H'$ e Psl si suppongono due variabili di stato, in luogo della complessità contenuta nella discussione fin qui svolta. Con questa ipotesi, il modello metabolico interno, in cui la frontiera di Up è necessariamente instabile, può essere costruito con riferimento ad una isologia topologica tra Up e l'ombelico iperbolico:

$$V = x^3 + y^3 + uxy + vx + wy,$$

cioè tra spazio-tempo e spazio topologico. Ciò consente di stabilire i meccanismi che provocano fenomeni: di erosione degli spazi interni di F ; oppure di allargamento, per effetto della desiderabilità spaziale espressa da Psl ; o ancora di epigenesi di nuova F . Qui le variabili x e y rappresentano rispettivamente Psl e H' , i parametri v e w possono essere interpretati come diametro di base e altezza della forma assunta da Up .

Infine il parametro u descrive la desiderabilità o, inversamente, la catabolia spaziale, in termini sia del tempo che dello spazio: per $u < 0$ prevale l'attrattore assunto a caratterizzare H' , mentre per $u > 0$ prevale il campo morfogenetico del creodo p .

Il passaggio ad una forma strutturalmente stabile per la frontiera di Up può esprimersi attraverso la transizione dall'"ombelico iperbolico" all'"ombelico ellittico",

$$V = x^3 - xy^2 + u(x^2 + y^2) + vx + wy,$$

vista come risultato di successivi cambiamenti di tipi topologici contenuti nel dispiegamento universale della singolarità a "ombelico parabolico"

$$V = x^2y + y^4 + ux^2 + vy^2 + wx + sy.$$

L'isologia tra la forma stabile di Up e l'"ombelico ellittico" può essere sommariamente descritta nel modo seguente: il passaggio da $u < 0$ a $u > 0$ trasforma la parte σ nella parte σ' (vedi figura 15): isologicamente si ha una morfogenesi anabolica di σ' .

In altri termini il campo morfogenetico f di F genera, per epigenesi, un nuovo creodo f' che definisce un processo F' svolgentesi in una nuova unità produttiva (vedi figura 16).

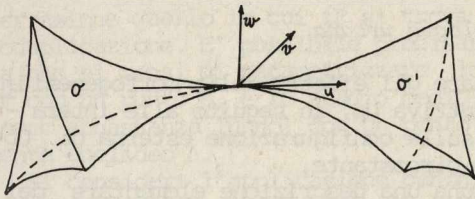


Figura 15
L'ellittico di U_p

Figura 16
Morfogenesi di F

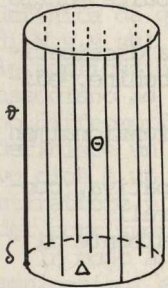


Figura 17
Fibrazione ιF

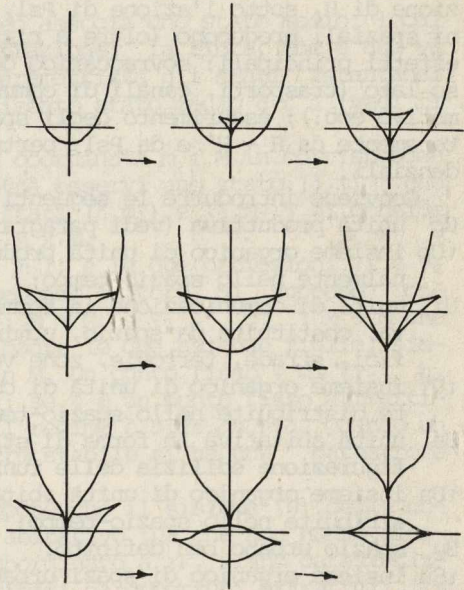
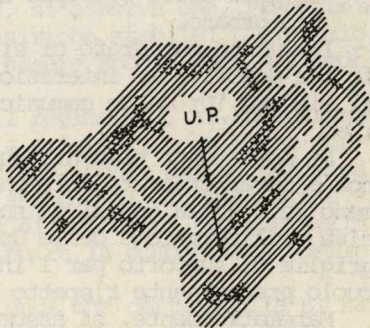


Figura 18
Dispiegamento di U_p



5. *Epigenesi della morfologia urbana*

Si intende qui esaminare gli effetti della morfogenesi in terna di una unità produttiva Up , in seguito alle interazioni tra $H - H'$ e Psl , sulla configurazione esterna di Up e quindi sul territorio circostante.

A tale scopo è opportuna una descrizione elementare dei processi dinamici che regolano i rapporti tra una unità produttiva e il territorio. La proliferazione di H' in sostituzione di H , sotto l'azione di Psl , e le reciproche erosioni spaziali producono (oltre a ristrutturazioni interne) tre effetti principali: sovraccarico dei servizi, intesi in senso lato (trasporti, canali di comunicazione, sistema informativo ecc.); esaurimento degli spazi interni, occupati interamente da $H - H'$ e da Psl ; perturbamento delle aree residenziali.

Convieni introdurre le seguenti notazioni:

- Up unità produttiva (vedi paragrafo 2);
- $1Up$ insieme organico di unità produttive distribuite funzionalmente nello spazio-tempo;
- $U\tau$ unità di comunicazione in forma di struttura dissipativa, costituita da spazio, uomini e cose (macchine, edifici, strade, ferrovie, zone verdi, ecc.);
- $1U\tau$ insieme organico di unità di comunicazione funzionalmente distribuite nello spazio-tempo;
- Ua unità abitativa in forma di struttura dissipativa, configurazione edilizia delle funzioni bionaturali;
- $1Ua$ insieme organico di unità abitative funzionalmente distribuite nello spazio-tempo;
- Su spazio urbano ben definito;
- $1Su$ insieme organico di spazi urbani funzionalmente distribuiti nello spazio-tempo, immersi nello spazio naturale agricolo e in via di industrializzazione;
- Ud unità distopica in forma di struttura dissipativa, di - splasia dello sviluppo di un insieme organico nello spazio urbano.

In questo paragrafo ci si propone di costruire un modello che descriva le interazioni tra i sistemi produttivi $1F$, il sistema $1U\tau$ delle comunicazioni ed il sistema abitativo $1Ua$.

Si deve tener presente che il processo di sviluppo di $1F$ non è caratterizzato solamente dalla forma di ogni Up e nemmeno solo dalla genesi di nuove Up , ma anche dalla progressiva proliferazione delle Up , fino a che esse formano una griglia di supporto per l'intera area urbana, assumendo un ruolo predominante rispetto a $1U\tau$ ed a $1Ua$.

Matematicamente, si assume come istante iniziale della os

servazione quello in cui $1F$ si trova già in un regime di autoduplicazione. E' possibile precisare tale ipotesi, una volta che si pensi di parametrizzare lo stato istantaneo di $1F$ con un punto θ , e lo stadio medio di $1F$ (su un periodo di tempo abbastanza lungo) con un punto δ di uno spazio localmente euclideo Δ .

Si consideri l'applicazione canonica

$$\ell : \theta \rightarrow \Delta,$$

che ad ogni stato istantaneo associa uno stato medio; localmente, ℓ è supposta una fibrazione: la fibra, che è una varietà differenziabile M , parametrizza gli stati istantanei di $1F$ compatibili con un fissato stato medio $\delta \in \Delta$ (vedi figura 17).

Se si lascia variare la coordinata $m \in M$ in corrispondenza ad un fissato $\delta \in \Delta$, potrà esservi uno stato (δ, m) che dà origine a due distinti stati (δ, m_1) e (δ, m_2) ; si consideri l'applicazione $q_\delta : M \rightarrow M \times M$, definita da $q_\delta(m) = (m_1, m_2)$, e le due proiezioni Ψ_1 e Ψ_2 di $M \times M$ sul primo e sul secondo fattore. Si suppone che le applicazioni $\Psi_1 \circ q_\delta : M \rightarrow M$ e $\Psi_2 \circ q_\delta : M \rightarrow M$ che associano ad una azienda madre le due aziende figlie, siano diffeomorfismi vicini in M . Un punto fisso ϕ di $\Psi_1 \circ q_\delta$ definisce un *regime locale*; se ϕ è un punto fisso attrattivo cioè è un attrattore, il regime è *stazionario*. Quando un attrattore ϕ cessa di essere stabile si ha una catastrofe del corrispondente regime.

In modo analogo, si suppone che il sistema $1U_T$ delle comunicazioni ed il sistema abitativo $1U_a$ che non hanno dinamiche autonome ma sono subordinate a $1F$, siano caratterizzate da regimi propri, definiti da opportuni attrattori. Non si ritiene di dovere approfondire qui l'analisi del metabolismo di $1U_T$ e di $1U_a$, come si è fatto per $1F$.

Tornando all'ipotesi che $1F$ sia un regime di autoduplicazione mentre interagisce con $1U_T$, si osserva che, rispetto a $1U_a$, $1F$ è in un regime Z di transizione stabile. L'evoluzione qualitativa del processo può essere specificato nel modo seguente.

In un aperto di cui prevale il regime $1U_T$, si incontrano centri di regime $1F$, in parte già esistenti e in parte formati in seguito ad una eccitazione locale della dinamica $1U_T$. Questi centri si sdoppiano secondo il processo precedentemente descritto e tendono a distribuirsi ovunque nello aperto considerato, facendo diminuire la complessità dello spazio ambiente.

Quando la densità di $1F$ raggiunge una certa soglia si ha

nell'aperto un ritorno alla dinamica meno eccitata $1U_a$ ed i centri $1F$ liberati restano nell'aperto, come se fossero "protetti" dal regime di transizione stabile Z . Se i grumi $1F$ incontrano un nuovo aperto in cui prevale il regime $1U_r$ la proliferazione si ripete.

In questa descrizione del processo $1F$ possiede una dinamica di allargamento spaziale; il predominio di $1F$ rispetto a $1U_r$ ed a $1U_a$ in termini di effettivo condizionamento sulla loro evoluzione e quindi sull'organizzazione dello spazio urbano, verrà ora esplicitato.

Quando i grumi di $1F$ incontrano un aperto e si insediano sul bordo, il regime di autoduplicazione $1F$ suscita un regime γ ($1U_a$, $1U_r$) di transizione fra i regimi $1U_a$ e $1U_r$, che definisce una organizzazione di tipo spaziale dotata di una certa rigidità geometrica e di proprietà regolatrici di regionali che stabilizzano il regime $1U_r$.

Il regime di transizione Y sovrappone sull'aperto la propria struttura geometrica C : i grumi di $1F$ possono proliferare liberamente all'interno di C , ove il regime $1U_r$ si è stabilizzato rispetto alla dinamica $1U_a$.

Ad un certo punto la dinamica $1U_r$ non è più in grado di sostenere un ulteriore sviluppo di $1F$ e sulla dinamicità all'interno di C torna a prevalere il regime meno eccitato $1U_a$. La struttura geometrica C diventa una forma instabile disaccoppiata dal mezzo ambiente: i grumi $1F$ abbandonano allora C per occupare un nuovo aperto che sia rimasto libero.

E' possibile esplicitare la nascita del regime di transizione Y analizzando l'evoluzione della struttura C e utilizzando i concetti ed i metodi introdotti nei paragrafi precedenti.

In realtà l'epigenesi delle U_p avviene in forma fibrosa sempre più irregolare e ogni punto dello spazio delle fasi, in ogni istante, si può orientare in direzioni diverse sotto la sola influenza delle forme proprie di sviluppo di U_r , U_a , U_d , tanto da poter immaginare che il volume di U_p si conservi deformandosi ed estendendosi progressivamente in S_u (vedi figura 18). Durante la deformazione non è possibile stabilire in quale tipo di U_p si trovi uno spazio funzionale contenuto nella U_p precedente.

Il livello di interazione tra tecnologia e P_{sl} determina la forma spaziale della U_p : edifici multipiano nella fase pretayloristica, edifici a piastra nella fase tayloristica, forme analoghe ai sistemi microelettronici nella fase di informatizzazione.

Ogni forma ha in sé il codice della propria epigenesi.

Didatticamente, se ci riferiamo a variabili temporali e spaziali discretizzate, possiamo immaginare che F abbia la

forma di un grande romboicosidodecaedro (vedi figura 19), i cui decagoni sono lo spazio di produzione $Psl + H$, gli esagoni i servizi tecnici e amministrativi, i quadrati lo spazio dirigenziale.

Se si sviluppa sul piano il romboicosidodecaedro si ha una sequenza regolare delle tre figure geometriche così che una figura confina sempre con figure diverse (vedi figura 20).

Lo sviluppo di un altro poliedro conduce ad una sequenza diversa. La sequenza epigenica è quindi determinata da un codice specifico contenuto in F.

Lo sviluppo in verticale di ogni frammento riformula al meno gli elementi essenziali del poliedro stesso.

Cambiando dimensione, i decagoni possono essere immaginati come delle Up , gli esagoni come delle Ut , i quadrati come delle Ua , e gli interstizi come degli Ud .

Come prima, il codice epigenetico è definito come spazio che riproduce se stesso; ogni gruppo di figure uguali è un insieme i di unità o spazi uguali (vedi figura 21).

La telematizzazione pone in relazione le unità e gli spazi in uno spazio-tempo diverso. Il romboicosidodecaedro si ricostruisce nel solido originario in cui i percorsi informativi diventano tendenzialmente indifferenti alla distanza seguendo linee diametrali (vedi figura 22).

E' la dissociazione tra: implosione temporale, dovuta alla progressiva accelerazione della velocità di comunicazione di merce e uomini; ed esplosione spaziale degli Su (Up , Ua , Ut , Sd).

Semanticamente questo concetto può essere espresso dalla compresenza di sviluppo planare del poliedro considerato e riconnessione temporale delle sue facce (vedi figura 22).

Topologicamente, l'ipotesi è interpretabile con il dispiegamento delle sezioni di una parte dell'ombelico parabolico (vedi figura 23), ciò che potrebbe rappresentare una proposta per un algoritmo qualitativo-quantitativo: in 1 viene espressa la Su pretelematizzata, ovvero i tempi dipendono strettamente dagli spazi di percorrenza; in 2 compaiono forme singolari che procedono verso una progressiva isteresi dello spazio-tempo; in 3 la compressione del tempo rende implosiva la comunicazione nello spazio; in 4, 5, 6, 7 è descritta morfologicamente la progressiva concentrazione fino all'avvenuta indifferenza, in 8, tra la tendenziale espansione di Su (curva parabolica) e la tendenziale concentrazione dei tempi di percorrenza e comunicazione (punto).

Il dispiegamento universale della forma-logos strutturalmente stabile rappresenta un tronco dell'ombelico parabolico, con u variabile spazio-temporale, in cui è espresso il

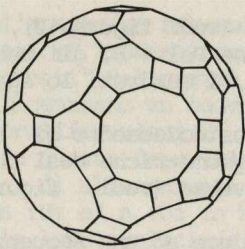


Figura 19
 $F = \text{Romboicosidodecaedro}$

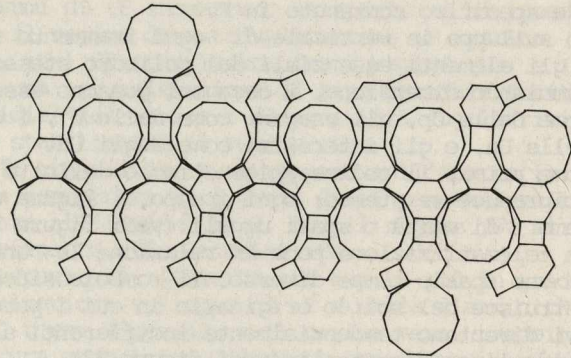


Figura 20
 Dispiegamento delle morfie di F

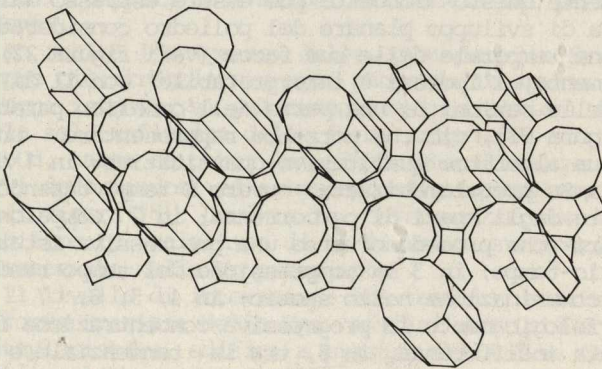


Figura 21
 Sviluppo delle singole morfie

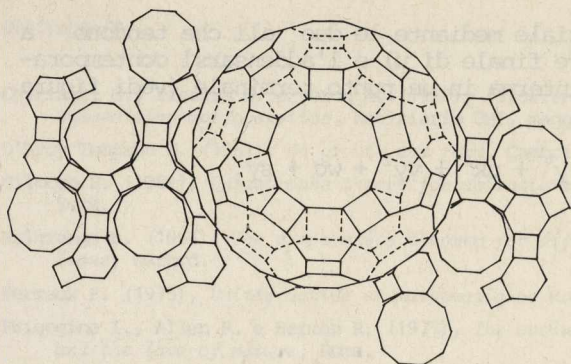


Figura 22

Identità e differenza
dello spazio-tempo

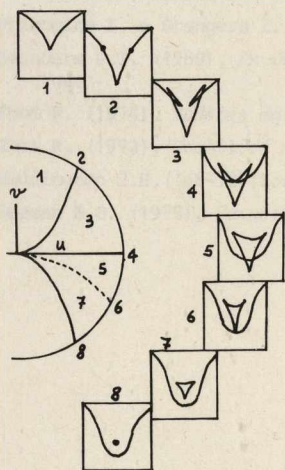
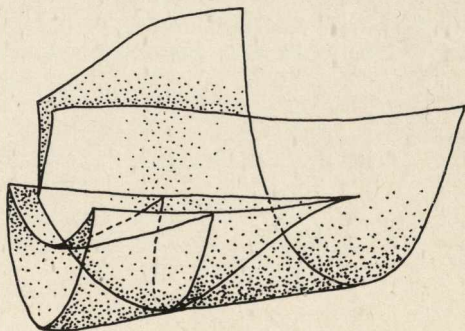


Figura 23

Sequenze del parabolico di Su

Figura 24

Sezione del parabolico di Su



dispiegamento spaziale mediante le due ali che tendono a divaricarsi (valore finale di u) e l'addensarsi contemporaneo della conica interna in un punto terminale (vedi figura 24).

$$V = x^2 y + y^4 + ux^2 + vy^2 + wc + sy.$$

Bibliografia

- Chiriatti G., Plescia G. e Porcu A. (1980), *Allosteresi industriale e sincecisimo morfogenetico*, Notiziario UMI, maggio, Bologna.
- D'Arcy Thompson W. (1961), *On growth and form*, Cambridge.
- Gilmore R. (1981), *Catastrophe theory for scientists and engineers*, New York.
- Malgrange B. (1964), *The preparation theorem for differentiable functions*, Oxford.
- Perroux F. (1975), *Unités active et mathématiques nouvelles*, Paris.
- Prigogine I., Allen P. e Herman R. (1977), *The evolution of complexity and the laws of nature*, Roma.
- Prigogine I. e Nicolis G. (1977), *Self-organization in nonequilibrium systems*, London.
- Prigogine I. e Stengers I. (1979), *La nouvelle alliance*, Paris.
- Saunders P.T. (1980), *An introduction to catastrophe theory*, Cambridge.
- Thom R. (1974), *Modèles mathématiques de la morphogénèse*, Paris.
- Thom R. (1972), *Stabilité structurelle et morphogénèse*, New York.
- Waddington C.H. ('68-72), *Towards a theoretical biology*, Edinburg.
- Zeeman E.C. (1977), *Catastrophe theory*, Reading, Mass..

L'EVOLUZIONE DEL FENOMENO URBANO IN EUROPA ANALIZZATA
ATTRAVERSO LA LEGGE RANGO-DIMENSIONE

di P. Ceresa⁺ - A. Mela⁺ - A. Mela^o
M. Pellegrini⁺ - P. Petsimeris^{*}

Sommario

Lo scopo del presente lavoro è quello di svolgere alcune considerazioni sui processi di trasformazione dell'urbanesimo in Europa.

Dopo un primo capitolo di chiarificazione sul concetto di "controurbanizzazione", il secondo capitolo introduce lo strumento analitico della legge rango-dimensione, interpretata come metodologia di indagine e non come legge empirica. Nel terzo capitolo si propone una tipologia di processi evolutivi, in base alla analisi delle curve rango-dimensione.

Nel quarto capitolo vengono svolte alcune riflessioni sul caso italiano. Infine si delineano ipotesi di avanzamento della ricerca.

1. *Introduzione*

Nel periodo più recente, gli studi dedicati all'analisi delle trasformazioni dei sistemi di città si sono significativamente concentrati su due problemi, in un certo modo complementari. Da un lato, sono stati esaminati i processi di crisi (economica, fiscale, politica) delle aree metropolitane. Dall'altro lato, si è cercato di interpretare i fenomeni di crescita di aree non metropolitane, che sono andati delineandosi nella maggior parte dei paesi a capitalismo maturo.

Il complesso di questi processi viene sempre più frequentemente designato con il termine "controurbanizzazione".

+ Dipartimento Scienze e Tecniche per i Processi di Insediamento - Politecnico di Torino - Viale Mattioli 39 - Torino

o Dottore in Scienze Politiche

* Dottore in Architettura

E' un termine suggestivo, che ha avuto successo soprattutto per merito di Berry (1976), il quale lo utilizza in un contesto tale da farlo apparire quasi come lo "slogan" che apre la via ad un nuovo indirizzo di studi regionali.

"La controurbanizzazione, scrive Berry, è un processo di deconcentrazione della popolazione, essa implica un movimento da uno stato di maggior concentrazione ad uno stato di minor concentrazione" (p. 17).

Questo movimento potrebbe essere rappresentato sinteticamente con il seguente grafico (figura 1), che esprime le variazioni - per epoche successive - della correlazione tendenzialmente esistente tra dimensioni dell'insediamento e saldo demografico annuo.

La bibliografia sulla controurbanizzazione è ormai vasta, e tende ad allungarsi a ritmo accelerato, anche se prevale la documentazione demografica rispetto a quella relativa ad altre fenomeni.

Indubbiamente, sino a questo momento, la maggior parte degli studi in proposito riguarda gli Stati Uniti; tuttavia, negli ultimi anni, anche il contesto europeo comincia ad essere analizzato con crescente attenzione. Recentemente Dematteis (1983) ha evidenziato l'esistenza di due posizioni, se non contrapposte, differenti che interpretano lo sviluppo urbano europeo.

La prima, di Hall e Hay (1980), indica la "disurbanizzazione" europea principalmente come crescita suburbana; la seconda, di Drewett ed altri (1981), invece la considera come vera e propria controurbanizzazione.

In generale, appare evidente la presenza di un mutamento nei processi insediativi della popolazione europea, che si evidenzia mettendo a confronto i *trends* relativi alla variazione annua della popolazione. Come mostra la seguente tabella (Tabella 1), tratta da Drewett (1981), i *trends* relativi alle grandi concentrazioni urbane, che negli anni '60 sono positivi in tutti i principali paesi europei, nel decennio successivo divengono negativi per molti paesi o si assiste, comunque, ad una flessione nella crescita.

Contemporaneamente, in tutti i paesi si verifica un incremento di tassi di crescita delle aree non metropolitane.

Alla luce del presente lavoro, tuttavia, possiamo affermare che - al di là di questi aspetti comuni - le trasformazioni del fenomeno urbano presentano notevoli differenze nei vari paesi europei. In generale, si può notare una sommaria correlazione tra l'avanzamento dei processi di controurbanizzazione e il livello dello sviluppo: questi, in fatti, sono presenti in modo più marcato nei paesi ad econo-

Figura 1

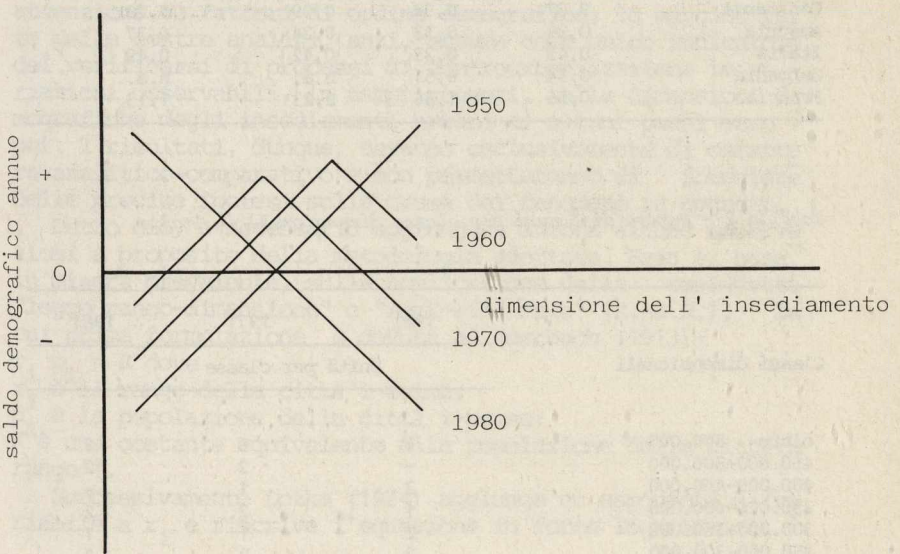


Tabella 1 - La deconcentrazione della popolazione in Europa

	1960-1970 Grandi concentrazioni urbane	Resto del paese	1970-1980 Grandi concentrazioni urbane	Resto del paese
Belgio	0,08	0,45	-0,12	0,75
Olanda	0,27	0,96	-0,07	1,81
Svizzera	0,46	1,33	-0,01	1,73
Svezia	0,53	0,22	-0,01	1,24
Gran Bretagna	0,12	0,51	-0,01	1,14
Danimarca	9,37	0,38	0,09	0,70
Austria	0,24	0,33	0,24	0,37
Italia	0,43	0,23	0,42	0,49
Germania	0,34	0,51	n.a.	n.a.
Francia	0,56	1,56	0,23	1,13

Tabella 2 - Numero di Comuni per classe dimensionale in Italia

Classi dimensionali	1961	1971	1981
	Unità per classe		
oltre 500.000	6	6	6
450.000-500.000	-	2	2
400.000-450.000	2	1	-
350.000-400.000	1	2	2
300.000-350.000	2	1	1
250.000-300.000	2	2	3
200.000-250.000	1	4	4
150.000-200.000	7	6	8
100.000-150.000	11	23	23
50.000-100.000	63	63	80
40.000- 50.000	34	49	42
30.000- 40.000	58	76	92
20.000- 30.000	130	139	158

mia industriale più antica e consolidata.

2. Un'interpretazione metodologica della legge rango-dimensione

Si può osservare che le tesi sin qui avanzate a proposito della controurbanizzazione si basano in modo preminente anche se non esclusivo - sull'osservazione delle trasformazioni di variabili demografiche. In considerazione di ciò, anche nel presente lavoro è parso opportuno concentrare la attenzione su fattori di ordine demografico; la maggior parte delle nostre analisi, anzi, assume come unico indicatore del verificarsi di processi di controurbanizzazione le variazioni osservabili, in tempi recenti, nelle dimensioni demografiche degli insediamenti urbani di alcuni paesi europei. I risultati, dunque, saranno esclusivamente di carattere analitico-comparativo e non permetteranno di formulare delle precise ipotesi sulle cause del fenomeno in oggetto.

Detto ciò, è necessario aggiungere ancora alcune osservazioni a proposito della metodologia adottata. Essa si basa, in misura prevalente, sulla applicazione della cosiddetta "legge rango-dimensione" o "*rank-size rule*" (R.-S.R.), la cui prima formulazione è dovuta ad Auerbach (1913):

$$r_i p_i = K \text{ dove}$$

r_i è il rango della città i -esima;

p_i è la popolazione della città i -esima;

K è una costante equivalente alla popolazione della città di rango 1.

Successivamente Lotka (1924) aggiunge un esponente q (variabile a r_i e riscrive l'equazione in forma logaritmica:

$$q \log r_i + \log p_i = \log K.$$

La variabile q è importante perchè rende molto meno rigido il modello: la distribuzione delle città prevista da Auerbach si riproduce infatti solo per $q = 1$ (caso che viene definito "distribuzione *rank-size* in senso stretto"), mentre tanto più alto è il valore di q , tanto più accentuato è il divario dimensionale tra le città del sistema; tanto più basso è questo valore, tanto più lentamente decresce la graduatoria dei centri. Il caso-limite $q = 0$ è quello in cui tutti i centri hanno pari dimensioni; l'opposto caso-limite $q = \infty$ è quello in cui esiste una sola città che concentra l'intera popolazione. L'equazione logaritmica ha il vantaggio di poter essere facilmente rappresentata graficamente su di un diagramma a doppia scala logaritmica (con il ran-

go sull'asse della x e la dimensione sull'asse delle y), dando luogo ad una serie di punti che può essere interpolata con una retta, inclinata verso destra, che rappresenta il q medio.

Se l'inclinazione è di 45° , allora $q = 1$; se è superiore od inferiore a 45° , allora q è, rispettivamente, maggiore o minore di 1.

La R.-S.R. costituisce, senza dubbio, uno strumento "povero" sia sotto il profilo delle informazioni trattate, sia sotto il profilo dei formalismi matematici: come dati di *input* non richiede altro che informazioni relative alla popolazione dei principali centri urbani delle aree studiate e le elaborazioni matematiche necessarie sono di livello del tutto elementare. E' evidente che da uno strumento di questo tipo è lecito attendersi solo degli *output* essi stessi relativamente "poveri" e cioè validi come primo approccio al fenomeno esaminato. Nonostante questi limiti, la R.-S.R. presenta, a nostro avviso, un vantaggio non trascurabile: essa consente di rendere conto di ciascuno dei sub-fenomeni spaziali che, colti nel loro complesso, vengono a costituire la sindrome che è stata definita di "contro-urbanizzazione". Essa infatti permette di costruire, più soglie temporali successive, dei grafici che rappresentano la struttura dei centri urbani principali di un paese e, quindi, per mezzo di un confronto diacronico, consente di verificare contemporaneamente la dimensione quantitativa dei seguenti fenomeni in atto:

- a. il declino della popolazione dei nuclei centrali delle maggiori aree metropolitane;
- b. il declino o, comunque, il blocco della crescita delle aree di conurbazione immediatamente adiacenti a detti nuclei;
- c. la crescita di centri abitati appartenenti alle fasce esterne delle aree metropolitane;
- d. la crescita di popolazione di centri urbani medio-piccoli, indipendenti dall'attrazione delle aree metropolitane;
- e. la crescita dei centri appartenenti ad aree precedentemente stazionarie, ma caratterizzate da una forte specializzazione in attività turistiche, o favorevoli all'insediamento di popolazione anziana, ecc.

Oltre a ciò, la R.-S.R. permette (ed è questo il suo uso più frequente) di valutare, attraverso confronti sincronici tra paesi diversi, le somiglianze e le differenze presenti tra le varie armature di livello nazionale o macroregionale.

L'incrocio tra i due tipi di comparazione (quella diacronica

nica e quella sincronica) può dar luogo a riflessioni sulla distribuzione geografica della popolazione e sulle modalità assunte dalle tendenze evolutive operanti a scala interna - zionale.

Come si può vedere, l'uso della R.-S. ora descritto è nettamente strumentale: essa è utilizzata come un metodo di elaborazione dei dati relativi alle popolazioni urbane, allo scopo di ottenere delle comparazioni. Questo atteggiamento nei confronti della R.-S.R. richiede alcuni chiarimenti: non sempre, infatti, questa "legge" è stata intesa all'osteso modo. Anzi, in passato essa è stata per lo più interpretata come una vera e propria legge empirica, ossia come un modello matematico capace di descrivere delle regolarità effettivamente osservabili "in natura". Intesa come tale, la R.-S.R. doveva essere sottoposta a procedure di verifica e, in effetti, gran parte delle sue applicazioni (e, in particolar modo, di quelle meno recenti) sono state condotte, appunto, con lo scopo di saggiarne la validità empirica. I risultati ottenuti non hanno potuto far altro che constatare che, nei diversi contesti geografici, si verificano situazioni assai differenti. Così, una ricerca condotta da Berry (1961) su 38 paesi dimostra che in una parte di essi (tra cui U.S.A., Germania, Svizzera, India, Cina Sud Africa, Brasile) la R.-S.R. risulta sostanzialmente verificata in una forma vicina a quella di Auerbach (1913); in altri, invece (come l'Austria, la Spagna, la Thailandia, il Messico, l'Uruguay) si presentano situazioni caratterizzate dall'assenza di una città-primato, sì che la distribuzione si avvicina piuttosto a quella prevista dalla cosiddetta "*primate rule*" di Jefferson (1939). Di fronte a tale discordanza dei risultati, si sono aperte tra gli studiosi innumerevoli controversie. Peraltro, se si assume la R.-S.R. come vera e propria legge empirica, la scelta non può essere compiuta che tra due posizioni diametralmente opposte, e cioè:

1. rifiutare in blocco la R.-S.R. considerandola falsificata dai contro-esempi che si possono addurre; oppure
2. minimizzare la portata delle deviazioni della regolarità prevista (magari con l'aiuto di opportune rappresentazioni diagrammatiche su scale logaritmiche).

Una terza possibilità intermedia, suggerita da Parr (1976) consiste nel considerare la distribuzione *rank-size* come un termine ideale di riferimento in base al quale studiare e classificare le deviazioni osservabili. Questo atteggiamento, che apre la via ad una interpretazione metodologica, come quella da noi adottata, sempre più si va affermando in questi ultimi anni, contribuendo ad un notevole risveglio dell'interesse degli studiosi per la R.-S.R. Come osserva Co

ri (1976), "la maggioranza degli autori più recenti accoglie la *rank-size rule* come un utile strumento per l'analisi dei sistemi urbani. Essa ci aiuta a generalizzare le osservazioni sulla struttura dimensionale delle città con un realismo maggiore di quello riscontrabile nei modelli gerarchici e.. ci permette di interpretare l'evoluzione quantitativa delle reti urbane e dei loro rapporti interni" (p. 16). Una impostazione di questo tipo, peraltro, tende ad evidenziare la distinzione che esiste tra due ordini di problemi e cioè:

- a. la costruzione di modelli capaci di descrivere in termini matematici la distribuzione della popolazione in centri abitati di diversa dimensione; e
- b. l'individuazione di modelli teorici capaci di interpretare in modo più o meno formalizzato le cause di detta distribuzione.

La R.-S.R. rappresenta una risposta solo al primo ordine di problemi; essa rappresenta uno dei tre tipi fondamentali di modelli di distribuzione individuati da Richardson (1973) (gli altri due sono costituiti dalla distribuzione log-normale e dalla distribuzione paretiana). Ma, proprio in quanto tale, la R.-S.R. non pone alcun vincolo restrittivo per quanto concerne lo studio in termini causali della distribuzione della popolazione nei centri abitati. Essa è compatibile con qualsiasi teoria dalla quale possa dedursi una distribuzione approssimativamente simile a quella *rank-size* o, comunque, ad essa riconducibile attraverso una spiegazione delle deviazioni osservate. Di teorie aventi tali caratteristiche ne sono state formulate più di una: in questa sede può essere utile accennare brevemente ad alcune di esse, rinviando, per una rassegna più estesa ed approfondita, a Richardson (1973).

1. Un primo ordine di teorie sulla distribuzione dimensionale dei centri urbani è quello dei modelli gerarchici che derivano dallo schema concettuale del modello cristalliano delle località centrali (Beckmann e Mc Pherson, 1970; Tinbergen, 1968). I centri, che costituiscono la rete urbana di un paese o di una regione, sono considerati disposti in una struttura gerarchica ad albero, comprendente n livelli (per lo più $n = 7$), ciascuno dei quali è caratterizzato da una specifica offerta di beni e servizi.

Beni e servizi vengono, dunque, classificati a loro volta in livelli gerarchici in relazione, da un lato, alla soglia minima di domanda che ne consente la produzione, e, dall'altro lato, in relazione ai confini dell'area di mercato coperta da ciascuno di essi. I centri di primo livello offrono solo beni e servizi di tipo elementare e

la loro area di mercato è costituita - oltre che dal centro stesso - dall'area rurale circostante. I centri del secondo livello offrono beni e servizi di tipo elementare e, in più, anche beni e servizi del secondo livello. La loro area di mercato è costituita da se stessi, dalla area rurale circostante, da m centri di primo livello e dalle relative aree rurali. E così via. In particolari condizioni, il modello delle località centrali dà luogo ad una distribuzione dei centri che rispetta la R.-S.R..

2. La considerazione secondo la quale sulla dimensione della città influisce un numero molto elevato di fattori, la forza di ognuno dei quali è difficilmente misurabile, ha dato origine ad una serie di modelli definiti "stocastici" o "probabilistici". Fra questi sembra particolarmente rilevante quello che, influenzato dalla teoria generale dei sistemi, considera il sistema dei centri come tendente a massimizzare il suo grado di entropia (Berry 1964; Olsson, 1967; Vining, 1977); esso tenderebbe quindi a raggiungere uno stato di equilibrio stabile in forma analoga a quello previsto dalla *rank-size rule*, a meno che non si introducano all'interno del modello informazioni, derivanti da altre teorie, su come e quanto agiscano le varie forze che operano sul sistema.
3. Si possono citare ancora quei modelli che derivano da teorie economiche di tipo deduttivo e, fra questi, l'analisi di Zipf (1949) che si basa sul principio del "minimo sforzo" quale determinante principio del comportamento umano e dell'organizzazione sociale. A livello economico questo principio si traduce in quello della minimizzazione dei costi e dà origine a due contrapposte tendenze che interagiscono tra loro: da un lato la tendenza alla concentrazione (generata dalle economie di agglomerazione) e dall'altro la tendenza alla dispersione (prodotta dalla ricerca di minimi costi di trasporto). La distribuzione delle città di un sistema dipenderebbe quindi dalla forza relativa di queste opposte tendenze. All'interno di questo schema opera inoltre un elemento dinamico. La spinta all'innovazione tecnologica, infatti, tende a favorire i processi di concentrazione, poichè è più vantaggioso per le nuove industrie e per i nuovi prodotti debuttare all'interno dei grandi insediamenti urbani piuttosto che nei piccoli centri.
4. Infine, in molti studi, si cerca di stabilire delle correlazioni tra la distribuzione *rank-size* (e quella, opposta, del tipo "*primate rule*") e i processi di sviluppo di un sistema socio-economico. Così, ad esempio, El-Shakhs (1972), utilizzando uno schema evoluzionistico dello svi-

luppo, "take off", stadio della maturità), stabilisce una stretta correlazione tra le fasi suddette e quelle che vedono il passaggio progressivo da una struttura urbana di tipo primaziale ad una distribuzione *rank-size*. Più recentemente, pur rifiutandosi di accogliere tale correlazione, numerosi studiosi interessati agli aspetti geografici degli squilibri internazionali hanno ripreso in esame il problema della distribuzione dei centri urbani partendo dall'ipotesi che la "non conformità" di varie nazioni alle strutture urbane del tipo *rank-size* o primaziale possa essere spiegata per mezzo delle fluttuazioni nei tassi e negli schemi di sviluppo". In questa visione, "i cambiamenti nelle distribuzioni delle dimensioni urbane sono essi stessi un riflesso delle relazioni di dominazione e dipendenza economiche" (Ettlinger, 1981, p. 1396).

3. Una tipologia di processi evolutivi dell'urbanesimo

Dalle analisi condotte sui diversi casi nazionali è possibile ricavare alcune osservazioni di ordine generale. Sono state costruite le curve *rank-size* per i seguenti paesi: Austria, Belgio, Cecoslovacchia, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania Est, Germania Ovest, Gran Bretagna, Grecia, Italia, Norvegia, Olanda, Polonia, Romania, Spagna, Svezia, Svizzera, Ungheria, U.R.S.S.

Le tavole di comparazione dei ranghi mostrano, per tutti i casi considerati, una stabilità del rango per le città che si collocano ai primi posti; mentre osserviamo salti di rango sempre più frequenti mano a mano che si scende verso la parte inferiore della classifica. Come ha dimostrato Pred (1977), la "*rank-stability*" è un fenomeno tipico di tutti i sistemi nazionali o macroregionali dotati di un certo grado di coesione interna, quali sono i sistemi qui considerati.

Alcune sommarie osservazioni possono essere ottenute comparando in modo sincronico la struttura urbana di diversi contesti nazionali, attraverso l'analisi del q medio. Risultata così agevole distinguere tre situazioni tipiche:

1. contesti che presentano un q medio nettamente superiore a 1. E' il caso di paesi a struttura urbana primaziale (come la Grecia), ma è anche il caso di macroregioni a struttura bi- o tripolare (come l'Italia nord-occidentale);
2. contesti che presentano un q assai vicino a 1. Tra i paesi da noi studiati, è il caso del Belgio. Tuttavia, questo dato può diventare interessante solo se accompagnato

da uno studio più dettagliato delle variazioni del q ;

3. contesti che presentano un q medio nettamente inferiore a

1. E' il caso di paesi dotati di una urbanizzazione articolata (Germania, Italia), nei quali sono riconoscibili numerosi ambiti regionali, ciascuno dei quali possiede una complessa rete gerarchica di centri urbani.

L'analisi comparativa di tipo sincronico può essere arricchita se, accogliendo un suggerimento di Cori e Cortesi (in Cori et al., 1976), oltre all'individuazione della retta del q medio, si tenta un'interpretazione successiva (anche se soltanto grafica) costruendo sul grafico bilogarithmico della *rank-size* una curva interpolata. Procedendo in tal modo, è possibile costruire una tipologia di situazioni, che tenga conto della forma delle curve.

1. Un primo caso tipico è costituito da curve caratterizzate soprattutto da una concavità della curva *rank-size* (si veda la figura 2). Tra i paesi da noi esaminati, esso si presenta soprattutto in Germania Ovest. E' un caso a proposito del quale esiste una ampia bibliografia (Parr, 1976; Ijiri e Simon, 1974; Vining, 1976): nel nostro caso, potremmo assumere che questo tipo di distribuzione sia indice di un processo di deconcentrazione della popolazione già avvenuto in presenza di un'armatura urbana molto solida e compatta.

2. Un altro caso interessante è costituito da curve caratterizzate nella parte superiore da una concavità, cui segue, nella parte inferiore, una convessità (figura 3). Questo andamento è molto evidente nella regione nord-occidentale italiana e in Olanda; è pure visibile (anche se in forma attenuata) anche nell'intera Italia (soprattutto nel 1971). Esso corrisponde alla presenza di un certo grado di polarizzazione attorno ad alcuni centri maggiori e della debolezza dei centri di rango immediatamente inferiore ai primi.

3. Un terzo caso è costituito da curve ad "S", caratterizzate da un andamento opposto a quello osservato nel caso precedente (figura 4). Esso è riscontrabile in paesi che presentano una città primaziale (Francia, Grecia). Nel caso del Belgio, il modello è simile, ma con una "gobba" più pronunciata nei ranghi più alti, subito sotto il primo.

Nel caso della Gran Bretagna la convessità si trova un po' più in alto e la curva non è molto pronunciata, data la solida struttura dell'intera rete urbana. Altri paesi, come la Svezia, mostrano una convessità meno forte o, come la Danimarca, hanno una curva irregolare e "a gradini" in cui si alternano concavità e convessità. In gene-

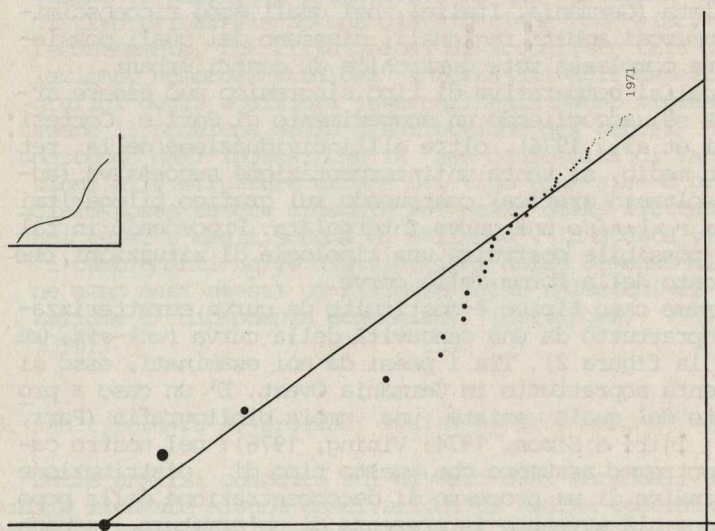


Figura 3 - Italia Nord-Occidentale '71

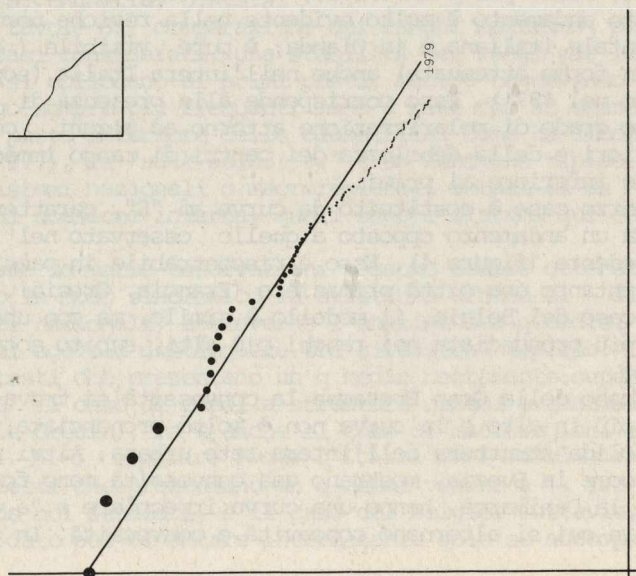


Figura 2 - Germania '79

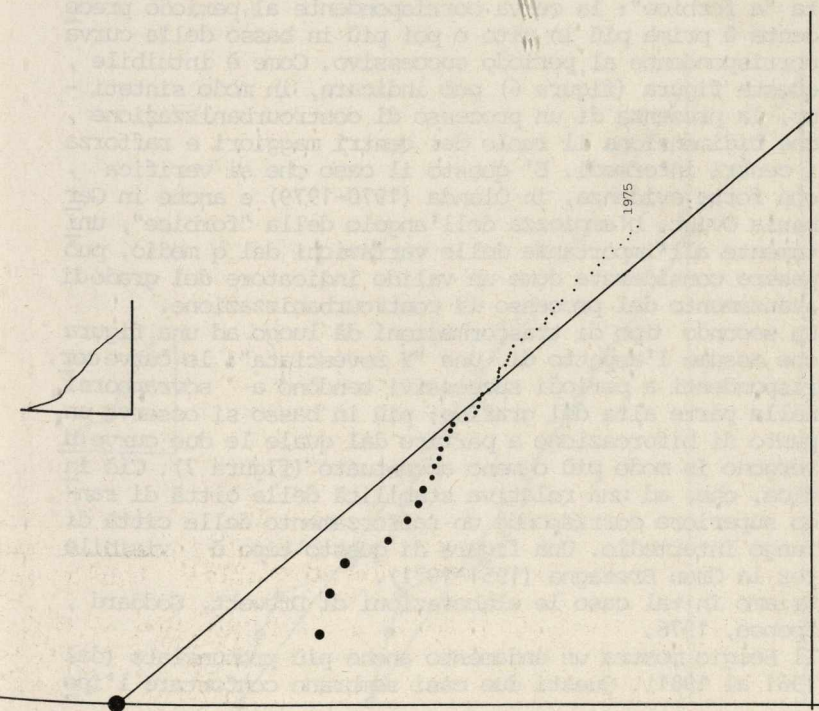


Figura 4 - Francia '75

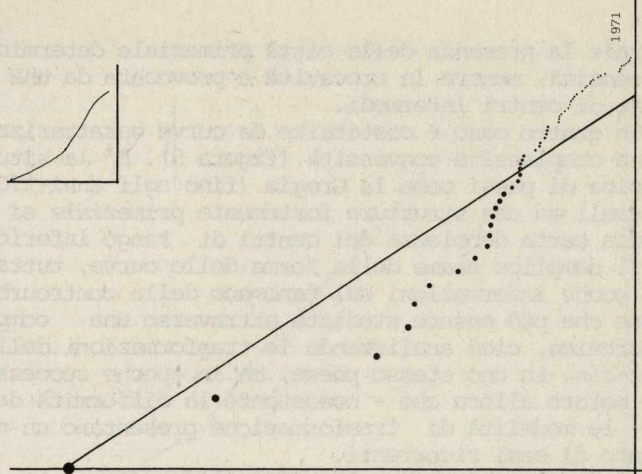


Figura 5 - Grecia '71

rale la presenza della città primaziale determina la convessità, mentre la concavità è provocata da una solidare te di centri intermedi.

4. Un quarto caso è costituito da curve caratterizzate da una complessiva convessità (figura 5). E' la situazione tipica di paesi come la Gregia (fino agli anni '70), nei quali ad una struttura fortemente primaziale si aggiunge una certa debolezza dei centri di rango inferiore.

Il semplice esame della forma delle curve, tuttavia, dà ben poche informazioni sul fenomeno della controurbanizzazione che può essere studiato attraverso una comparazione diacronica, cioè analizzando le trasformazioni delle curve *rank-size* in uno stesso paese, ma in epoche successive. Si può notare allora che - nonostante la difformità delle curve - le modalità di trasformazione presentano un numero limitato di casi ricorrenti.

E' facile pervenire alla definizione di una tipologia dei processi evolutivi delle reti urbane nazionali esaminando la sovrapposizione delle curve nel tempo.

1. Un primo tipo di trasformazioni, rappresentate nel modo ora descritto, dà luogo ad una figura che può essere detta "a forbice": la curva corrispondente al periodo precedente è prima più in alto e poi più in basso della curva corrispondente al periodo successivo. Come è intuibile, questa figura (figura 6) può indicare, in modo sintetico, la presenza di un processo di controurbanizzazione, che ridimensiona il ruolo dei centri maggiori e rafforza i centri intermedi. E' questo il caso che si verifica, con forte evidenza, in Olanda (1970-1979) e anche in Germania Ovest. L'ampiezza dell'angolo della "forbice", unitamente all'importanza delle variazioni del q medio, può essere considerata come un valido indicatore del grado di avanzamento del processo di controurbanizzazione.
2. Un secondo tipo di trasformazioni dà luogo ad una figura che assume l'aspetto di una "Y rovesciata": le curve corrispondenti a periodi successivi tendono a sovrapporsi nella parte alta del grafico; più in basso si osserva un punto di biforcazione a partire dal quale le due curve divergono in modo più o meno accentuato (figura 7). Ciò indica, che, ad una relativa stabilità delle città di rango superiore corrisponde un rafforzamento delle città di rango intermedio. Una figura di questo tipo è visibile per la Gran Bretagna (1951-1971).

Usiamo in tal caso le elaborazioni di Drewett, Goddard, Spence, 1976.

Il Belgio mostra un andamento anche più pronunciato (dal 1961 al 1981). Questi due casi sembrano confortare l'ipotesi

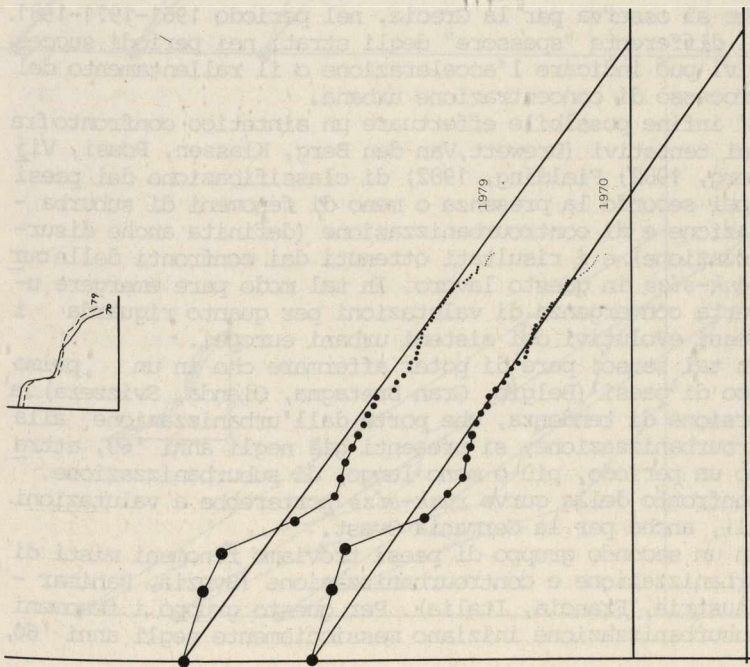


Figura 6 - Olanda '70 e '79

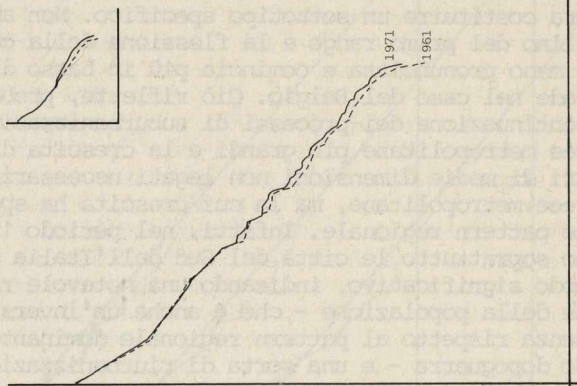


Figura 7 - Gran Bretagna '61-'71

tesi di processi di controurbanizzazione in atto.

L'evoluzione del sistema urbano italiano (1961-1981) sembra costituire un sottotipo specifico. Non abbiamo il declino del primo rango e la flessione della curva in alto è meno pronunciata e comincia più in basso di quanto accade nel caso del Belgio. Ciò riflette, probabilmente, la continuazione dei processi di suburbanizzazione nelle aree metropolitane più grandi e la crescita di molti centri di medie dimensioni non legati necessariamente ad aree metropolitane, ma la cui crescita ha spesso un forte pattern regionale. Infatti, nel periodo 1971-1981 sono soprattutto le città del Sud dell'Italia a crescere in modo significativo, indicando una notevole ridistribuzione della popolazione - che è anche un'inversione di tendenza rispetto al pattern regionale dominante nel secondo dopoguerra - e una sorta di riurbanizzazione del meridione (Figura 9).

3. Un terzo tipo di trasformazioni dà luogo ad una figura "a strati", nella quale - cioè - le curve corrispondenti ai periodi successivi si collocano sempre più in alto delle curve corrispondenti ai periodi precedenti (figura 8). Questa figura indica la persistenza di un processo di concentrazione della popolazione nei centri urbani: è ciò che si osserva per la Grecia, nel periodo 1961-1971-1981. Il differente "spessore" degli strati nei periodi successivi può indicare l'accelerazione o il rallentamento del processo di concentrazione urbana.

E' infine possibile effettuare un sintetico confronto fra alcuni tentativi (Drewett, Van den Berg, Klassen, Rossi, Vijverberg, 1982; Fielding, 1982) di classificazione dei paesi europei secondo la presenza o meno di fenomeni di suburbanizzazione e di controurbanizzazione (definita anche disurbanizzazione) e i risultati ottenuti già dai confronti delle curve *rank-size* in questo lavoro. In tal modo pare emergere una certa convergenza di valutazioni per quanto riguarda i processi evolutivi dei sistemi urbani europei.

In tal senso, pare di poter affermare che in un primo gruppo di paesi (Belgio, Gran Bretagna, Olanda, Svizzera) la inversione di tendenza, che porta dall'urbanizzazione alla controurbanizzazione, si presenti già negli anni '60, attraverso un periodo, più o meno lungo, di suburbanizzazione. Il confronto delle curve *rank-size* porterebbe a valutazioni simili, anche per la Germania Ovest.

In un secondo gruppo di paesi troviamo fenomeni misti di suburbanizzazione e controurbanizzazione (Svezia, Danimarca, Austria, Francia, Italia). Per questo gruppo i fenomeni di suburbanizzazione iniziano massicciamente negli anni '60,

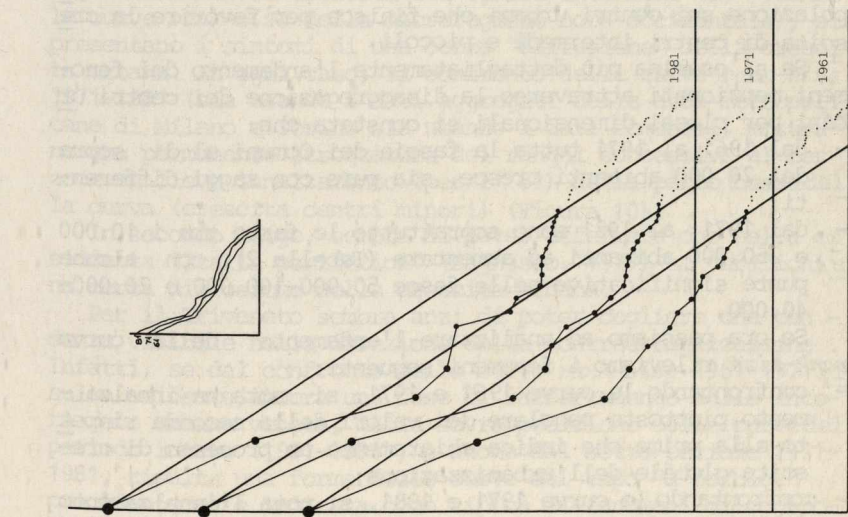


Figura 8 - Grecia '61, '71, '81

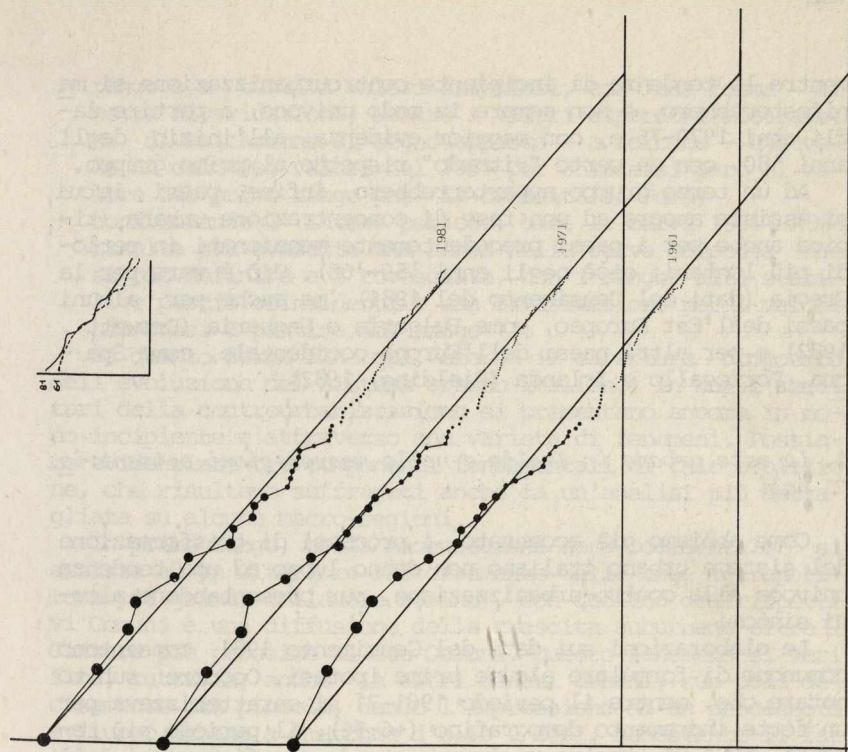


Figura 9 - Italia '61, '71, '81

mentre le tendenze di incipiente controurbanizzazione si manifesterebbero, e non sempre in modo univoco, a partire dagli anni 1970-75 e, con maggior evidenza, all'inizio degli anni '80, con un certo "ritardo" rispetto al primo gruppo.

Ad un terzo gruppo apparterebbero, infine, paesi in cui si assiste ancora ad una fase di concentrazione urbana (tipica anche per i paesi precedentemente menzionati in periodi più lontani, cioè negli anni '50-'60). Ciò è vero per la Grecia (dati del Censimento del 1981), ma anche per alcuni paesi dell'Est Europeo, come Bulgaria o Ungheria (Drewett, 1982) e per altri paesi dell'Europa occidentale, come Spagna, Portogallo e Irlanda (Fielding, 1982).

4. *La rete urbana in Italia e nelle macroregioni settentrionali*

Come abbiamo già accennato, i processi di trasformazione del sistema urbano italiano non danno luogo ad una tendenza univoca alla contro-urbanizzazione, pur presentandone alcuni sintomi.

Le elaborazioni sui dati del Censimento 1981 consentono comunque di formulare alcune prime ipotesi. Occorre subito notare che, mentre il periodo 1961-71 si caratterizzava per un forte incremento demografico (+6;9%), il periodo più recente, 1971-81, mostra un incremento demografico assai più contenuto (+ 3,9) ed una più netta redistribuzione della popolazione sui centri urbani che finisce per favorire la crescita di centri intermedi e piccoli.

Se si esamina più dettagliatamente l'andamento dei fenomeni menzionati attraverso la disaggregazione dei centri urbani per classi dimensionali si constata che:

- dal 1961 al 1971 tutta la fascia dei Comuni al di sopra dei 20.000 abitanti cresce, sia pure con saggi differenti;
- dal 1971 al 1981 sono soprattutto le fasce tra i 10.000 e 250.000 abitanti ad aumentare (Tabella 2), con alcune punte significative nelle fasce 50.000-100.000 e 20.000-40.000.

Se ora passiamo ad analizzare l'andamento della curva *rank-size* rileviamo i fenomeni seguenti:

- confrontando le curve 1961 e 1971, si nota un innalzamento piuttosto regolare dei valori della seconda rispetto alla prima che indica chiaramente un processo di crescita globale dell'urbanizzazione;
- confrontando le curve 1971 e 1981, si nota l'innalzamento della seconda, per i valori relativi al quattordicesimo

rango e a tutti i valori inferiori, con una forma di netta divaricazione; mentre i valori superiori mostrano una divaricazione di segno opposto - a forbice - che vede un calo dei valori del 1981 per chiudersi però al valore del primo rango per la crescita di Roma;

- confrontando l'intero periodo, cioè le curve 1961 e 1981, risulta più evidente una forma della curva composta che si può definire a Y rovesciata, con i ranghi alti stabili e perciò coincidenti e una divaricazione per i valori più bassi a partire dal rango 13.

Da quanto detto fin qui, emerge il carattere composito dell'evoluzione del sistema urbano italiano, in cui i caratteri della controurbanizzazione si presentano ancora in modo incipiente e attraverso una varietà di fenomeni. Possiamo evidenziare tre componenti fondamentali di tale evoluzione, che risultano suffragati anche da un'analisi più dettagliata su alcune macro-regioni.

In primo luogo, nella macroregione nord-occidentale si assiste ad un ulteriore rafforzamento delle aree metropolitane più grandi (Milano e Torino), con declino dei rispettivi Comuni e una diffusione della crescita suburbana oltre le Cinture più prossime ai due Comuni. Questo fenomeno si verifica, tuttavia, anche in altri centri urbani, sub-poli decisamente più piccoli, dando l'impressione di un processo di sviluppo urbano a "macchia d'olio". Così, nonostante il fatto che non si possa parlare di controurbanizzazione "completa" - mancando la crescita dei centri intermedi (si vedano le curve *rank-size* della macroregione nord-occidentale), si presentano i sintomi di una certa "diffusione" della crescita urbana. In ogni caso, il confronto delle curve *rank-size* 1971-1981 (sia usando i dati aggregati delle aree metropolitane di Milano e Torino sia usando i dati comunali) mostrano una permanente strozzatura dei ranghi successivi al terzo e un lieve innalzamento (per l'81) della parte bassa della curva (crescita centri minori) (Figura 10).

In secondo luogo, sembra di poter affermare che nella cosiddetta "Italia periferica" (Bagnasco, 1977) si verifichi una certa diffusione della crescita urbana.

Per il Triveneto sembra anzi di poter cogliere una tendenza visibile nella direzione della controurbanizzazione. Infatti, se dal confronto delle curve *rank-size* 1961-1971 risulta evidente ancora una fase di rafforzamento della intera rete urbana veneta, dalla sovrapposizione delle curve del periodo intero (1961-1981), e anche dal sotto-periodo 1971-1981, risulta una forma delle curve del tipo "a forbice", precedentemente indicata come tipica di fenomeni di controurbanizzazione. Le curve mostrano inoltre una certa solidi-

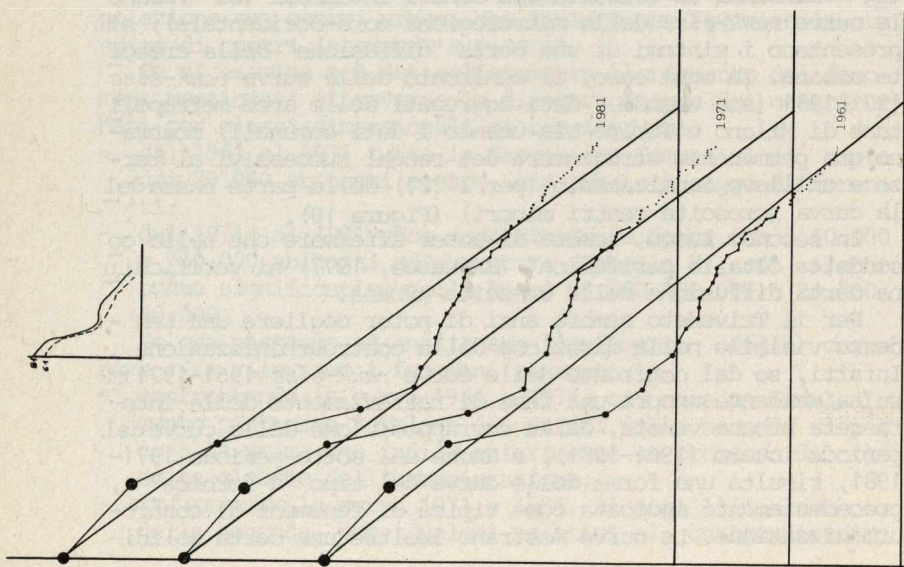


Figura 10 - Italia Nord-Occidentale '61-'81

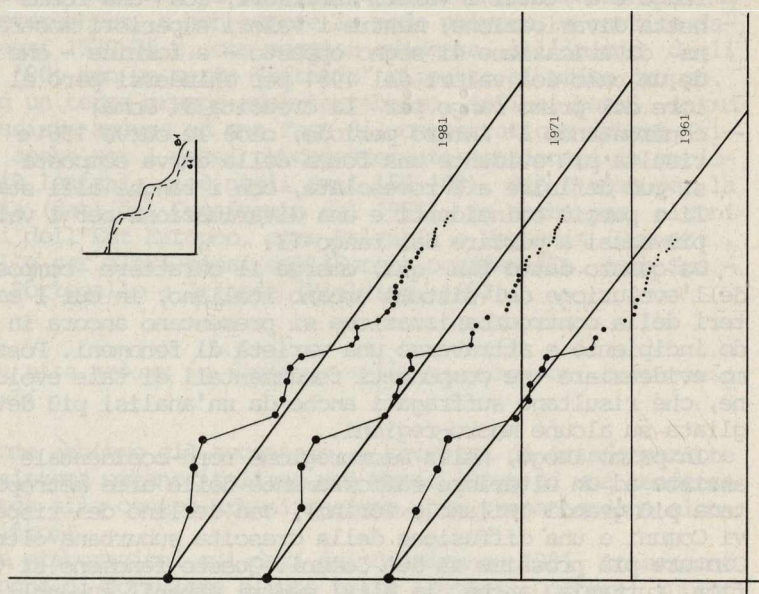


Figura 11 - Triveneto '61-'81

tà (e crescita) dei centri intermedi e piccoli, mentre il confronto dei dati relativi alle città di primo rango fa risultare una dispersione della popolazione oltre i confini delle città maggiori (o della cintura veneziana). Si noti il declino di Trieste fin dal periodo 1961-1971 (peraltro simile al declino di altre città portuali) che costituisce una delle poche eccezioni alla *rank-stability* (Figura 11).

Infine, in terzo luogo, la grande maggioranza dell'Italia Meridionale fa registrare alti tassi di crescita (solo Napoli Comune diminuisce, ma cresce fortemente la Provincia), in assoluto i maggiori di tutta la crescita urbana nazionale (Catanzaro, Potenza, Palermo, Cagliari, Sassari, Nuoro, Foggia, Taranto, Lecce, Brindisi, Bari, Campobasso, Pescara, Caserta, Matera).

In sintesi, la crescita urbana meridionale, per assenza di migrazioni, per flussi di ritorno e per dinamica naturale rappresenta la più massiccia inversione di tendenza rispetto allo sviluppo urbano dell'immediato dopoguerra.

Come si vede, le modificazioni della dinamica urbana italiana del periodo recente sono assai complesse e differenziate e richiedono ricerche assai più approfondite.

5. Osservazioni conclusive

Il raffinamento e la formalizzazione del procedimento analitico ora abbozzato consentirebbero, con ogni probabilità, di sviluppare osservazioni più dettagliate e rigorose sull'andamento dei processi di controurbanizzazione. In conclusione, tuttavia, vorremmo notare che un'eccessiva concentrazione degli sforzi sulla semplice descrizione del fenomeno ci sembrerebbe fuorviante.

Sicuramente più fruttuoso si dimostrerà un programma di ricerca che, accanto allo sforzo di documentazione, sviluppi in parallelo un tentativo di interpretazione causale, che comprenda anche la verifica della capacità delle più importanti teorie spaziali di spiegare i processi in atto e di prevederne le linee di avanzamento.

Si rendono, del resto, necessarie ricerche specifiche e settoriali sulle grandi aree metropolitane, le regioni urbane, le città medie e piccole che individuino più dettagliatamente i fattori di crescita o di declino e i "cicli di sviluppo" urbano.

Bibliografia

- Auerbach F. (1913), *Das Gesetz der Bevölkerungskonzentration*, Petermanns Mitteilunge, LIX : 74-76.
- Bagnasco A. (1977), *Tre Italie*, Bologna: Il Mulino.
- Beckman M.J., Mc. Pherson J. (1970), *City-size distributions in a Central Place Hierarchy: an Alternative Approach*, Journal of Regional Science, 10, pp. 25-33.
- Berry B.J.L. (1961), *City-size Distributions and Economic Development*, Economic Development and Cultural Change, IX : 573-588.
- Berry B.J.L. (1964), *Cities as System within Systems of Cities*, Papers Proc. Regional Science Ass., XIII : 147-63.
- Berry B.J.L. (1976), *The Counter-urbanization Process: Urban America since 1970*, In Urbanization and Counter-urbanization, Ed. B.J.L.Berry, New York, London: Sage.
- Cori B. (1976), *Studi sulla rank-size rule*, Pisa:Giardini.
- Dematteis G. (1983), *Deconcentrazione metropolitana, crescita periferica e ripopolamento di aree marginali: il caso dell'Italia*, in L'Italia emergente, ed. C. Cencini, G. Dematteis, B. Menegatti, pp. 105-139, Milano: Angeli.
- Drewett R., Goddard J., Spence N. (1976), *Urban Britain: beyond Containment*, Urbanization and counter-urbanization, Ed. B.J.L. Berry, pp. 43-79, New York, London : Sage.
- Drewett R., Van den Berg L., Klaassen L.H., Rossi A., Vijverberg C.H.T. (1982), *Urban Europe: a study of growth and decline*, Vol. I, Oxford, New York : Pergamon Press.
- El Shaks S. (1972), *Development, Primacy and Systems of Cities*, Journal of Development Areas, VII : 11-36.
- Ettlinger N. (1981), *Dependency and urban Growth: a critical Review and reformulation of the Concepts of Primacy and Rank-size*, Environment and Planning A, XIII : 1389-1400.
- Fielding A.J. (1982), *Counterurbanization in Western Europe*, Progress in Planning, 17 : 16-33.
- Hall P., Hay D. (1980), *Growth Centres in the European Urban System*, London: Heinemann.
- Jjiri Y., Simon H. (1974), *Interpretation of departure from the Pareto curve firm-size distributions*, Journal of Political Economics, LXXXII : 315-331.
- Jefferson M. (1939), *The Law of Primate City*, Geographic Review, XXIX : 226-232.
- Lotka A.J. (1924), *Elements of Physical biology*, Baltimora: Williams and Wilkins.
- Olsson G. (1967), *Central Place Systems, Spatial Interaction and Stochastic Processes*, Papers Proc. Regional Science Ass., XVIII: 13-45.

- Parr J.B. (1976), *A Class of Deviation from Rank-size Regulating: Three Interpretations*, *Regional Studies*, X : 285-292.
- Pred A. (1977), *City Systems in Advanced Economies*, London: Hutchinson.
- Richardson H.W. (1973), *Theory of Distribution of City Sizes: Review and Prospects*, *Regional Studies*, VII : 239-251.
- Tinbergen J. (1968), *The Hierarchy Model of the Size Distribution of Centres*, *Papers Proc. Regional Science Ass.*, XX : 65-68.
- Vining D.R. (1976), *Auto-correlated Growth Rates and Departures from the Pareto Law : a further Analysis*, *Journal of Political Economics*, LXXXIV : 369-380.
- Vining D.R. (1977), *The Rank-size Rule in the Absence of Growth*, *Journal of Urban Economics*, IV : 15-29.
- Zipf G.K. (1949), *Human Behaviour and the Principle of Least Effort*, Cambridge, Mass.: Addison-Wesley.

POLITICA ECONOMICA QUANTITATIVA
CON I MODELLI REGIONALI-NAZIONALI

di Dino Martellato*

Sommario

Se in un modello economico vengono definite variabili sia nazionali sia regionali e se compaiono variabili sia obiettivi sia strumentali, la risultante matrice dei moltiplicatori sarà, con tutta probabilità, non diagonale e non invertibile.

Nella presente nota viene illustrata una semplice procedura matematica utile per impiegare il modello a fini di politica economica quantitativa.

Applicando tecniche di decomposizione viene inoltre tentata una interpretazione economica della matrice dei moltiplicatori e della sua pseudo-inversa.

1. *Introduzione*

In un recente articolo sui modelli multiregionali, Nijkamp e Rietveld (1982) lamentano l'inadeguatezza dei modelli multiregionali oggi esistenti per la valutazione degli effetti delle politiche economiche. Nessuno nega che i modelli multiregionali siano efficaci strumenti di simulazione, ma assai opportunamente gli autori sottolineano il fatto che quei modelli non possono sottrarsi all'obbligo di contribuire alla valutazione delle politiche economiche.

Nijkamp e Rietveld (1982) pongono il problema della valutazione degli impatti in termini che risultano essere più generali di quelli che si è soliti incontrare (si veda in proposito: Bolton 1980 e Armstrong-Taylor 1978). Gli impatti che si dovrebbero infatti valutare non sono solo quelli delle politiche regionali sugli obiettivi regionali, ma sarebbero quelli di un sistema a due livelli (nazionale-regionale)

* Università degli Studi di Venezia - Dipartimento di Scienze Economiche - Ca' Foscari - Dorsoduro 3246 - 30100 Venezia

nel quale la maggioranza degli strumenti e degli obiettivi si definisce rispetto ad entrambi i livelli. A questo proposito viene congetturata la seguente matrice⁽¹⁾ dei moltiplicatori:

	strumenti nazionali	strumenti regionali
obiettivi nazionali	Λ^{nn}	Λ^{nr}
obiettivi regionali	Λ^{rn}	Λ^{rr}

Ma è solo un abbozzo di analisi che merita di essere ripreso e sviluppato. Il primo problema è naturalmente quello della pratica possibilità di arrivare a conoscere i moltiplicatori. Anche se la conclusione dei due Autori è ottimistica, i soliti problemi di ordine statistico potrebbero impedire che con i modelli multiregionali si arrivi a stimare i moltiplicatori dei vari blocchi.

In questa nota ci occuperemo d'altro comunque. Se vi sono argomenti che sembrano suffragare l'esistenza degli effetti incrociati (senza i blocchi Λ^{nr} , Λ^{rn} un modello nazionale-regionale non avrebbe senso) non mancano problemi inerenti all'uso di tali moltiplicatori per la definizione di politiche economiche di tipo quantitativo. In questa nota ci occuperemo di questi problemi, ma anche delle potenzialità della matrice dei moltiplicatori Λ .

2. *L'interpretazione economica della matrice dei moltiplicatori*

Cominceremo considerando la forma strutturale del nostro ipotetico modello nazionale-regionale. In questo modello compaiono quattro vettori di variabili di dimensione m , n , k , j rispettivamente. Le endogene-obiettivo (x), le altre endogene (z), le variabili strumentali (u) e le esogene non controllate (w) sono legate da quattro matrici di coefficienti strutturali A^* , B^* , C^* , D^* (tutte con $m+n$ ri-

(1) Salvo diversa indicazione, le lettere maiuscole indicheranno matrici, le minuscole vettori. Nella definizione che segue gli apici n ed r stanno-rispettivamente per nazionale e regionale.

ghe) :

$$A^x x + C^x z = B^x u + D^x w \quad (1)$$

Converrà subito cercare di eliminare le variabili endogene non obiettivo perchè irrilevanti. Questo può essere fatto per semplice sostituzione di z con x , u , w nelle m equazioni residue (le nuove matrici dei coefficienti perdono n righe). Si avrà in questo caso:

$$A x = B u + D w$$

$$A : (m \text{ per } m)$$

$$B : (m \text{ per } k)$$

$$D : (m \text{ per } j) \quad (2)$$

L'escludere che A e B siano matrici strettamente diagonali implica la presenza di effetti incrociati sia tra gli obiettivi sia tra gli strumenti. Se è abbastanza scontato che ciascuna variabile strumentale - nazionale e regionale - abbia qualche effetto indiretto o collaterale, l'esistenza dei legami incrociati tra obiettivi nazionali e regionali è fatto assai meno studiato, anche se probabile dato che la nuova matrice A è la risultante delle due matrici elementari A^*, C^* . Si è soliti affermare che gli obiettivi di politica economica si trovano legati in relazioni che sono conflittuali o complementari a seconda dell'uso fatto degli strumenti di politica economica. Ma qui stiamo parlando di un'altra cosa; e esattamente della matrice A a prescindere dai valori assunti dalla matrice B e dal vettore u . La differenza è evidente se si considera la forma ridotta del sistema:

$$x = \Lambda u + \Phi w$$

$$\Lambda = A^{-1} B$$

$$\Phi = A^{-1} D \quad (3)$$

Date le matrici Λ , Φ scenari alternativi di u e w producono valori alternativi di x . Le relazioni di *trade-off* che si possono di conseguenza leggere nel vettore delle endogene x non sono invarianti rispetto alla struttura della matrice Λ .

Il problema base della nostra analisi - e cioè la struttura non diagonale della matrice Λ - si pone dunque non appena una delle due matrici elementari A , B si presenta come non diagonale. La matrice B normalmente non lo è, mentre sul

la matrice A non molto può essere detto a priori, se non che essa è la risultante di due matrici elementari A^* e C^* . Gli effetti incrociati rintracciabili nella matrice Λ sono stati oggetto di verifica empirica. Gli effetti locali delle politiche monetarie e fiscali sono da lungo tempo noti (si veda comunque Mathur-Stein 1980), mentre quelli rappresentati nel blocco Λ_{nr} hanno ricevuto particolare attenzione in Francia (Courbis 1981, Courbis 1982). Tutte queste analisi portano ad escludere che gli strumenti producano effetti (diretti ed indiretti) circoscritti alla corrispondente endogenea.

La matrice dei moltiplicatori Λ è la traduzione numerica della teoria economica utilizzata dato che è quest'ultima ad indicarci quali valori possono essere aprioristicamente azzerati in forza dell'eventuale evidenza empirica e delle caratteristiche istituzionali del sistema a due livelli considerato anche se in linea astratta abbiamo chiarito che essa è la risultante di operazioni algebriche condotte sulle tre matrici elementari A^* , C^* e B^* . Essa esprime i legami diretti e indiretti (quelli passanti attraverso le variabili irrilevanti o latenti) tra le variabili obiettivo e gli effetti diretti ed indiretti su queste ultime delle variabili strumentali.

3. *L'uso di politica economica della matrice dei moltiplicatori*

Piuttosto interessante è l'analisi della matrice Λ per - chè da essa si possono trarre utili indicazioni sul modo di affrontare efficacemente le questioni di politica economica. L'aver escluso sin dall'inizio che la matrice Λ possa essere strettamente diagonale ci autorizza a dire che in presenza di più centri decisionali e, comunque, di più obiettivi la politica economica non può prescindere da intuibili esigenze di coordinamento. Se la matrice Λ dovesse apparire triangolare le politiche andrebbero ordinate gerarchicamente. Nell'ipotesi infatti che nella funzione obiettivo dell'autorità gli strumenti non siano ponderati inversamente al loro costo tra quegli stessi strumenti andrebbero privilegiati quelli con effetti meno circoscritti. In presenza di una matrice diagonale a blocchi sarebbe opportuno invece ricorrere al decentramento affidando strumenti adatti agli organi più direttamente interessati agli obiettivi sui quali sono per legge preposti. Ma la configurazione più probabile della matrice Λ è quella triangolare a blocchi. Il decentramento gerarchico dovrebbe in tal caso fare in modo che gli

strumenti meno circoscritti nei loro effetti siano affidati agli organi più centrali dell'apparato e viceversa.

La forma ridotta del modello (3) oltre a prestarsi alla analisi brevemente delineata costituisce lo strumento fondamentale per l'analisi d'impatto. Gli effetti di determinate politiche possono essere tra l'altro esaminati sotto ipotesi alternative (scenari) per le variabili controllate. L'uso della forma ridotta è comunque assai frequente anche per la determinazione del valore da assegnare alle variabili strumentali, anche se in tal caso esso obbliga ad un laborioso processo di *trial and error*. La definizione delle politiche risulta in effetti assai più spedita se si fa uso della forma finale del modello. Per valori preassegnati x^* delle variabili obiettivo essa fornisce i valori delle variabili strumentali sotto ipotesi alternative per le variabili di contorno w . Il passaggio alla forma finale pone tuttavia il problema della invertibilità della matrice dei moltiplicatori Λ considerato che essa è normalmente rettangolare (m per k). Sarà dunque:

$$r(\Lambda) \leq k < m. \quad (4)$$

Siamo evidentemente in un contesto ad "obiettivi flessibili" dove la stessa unicità della soluzione non è garantita (Preston-Pagan 1982). Le soluzioni possibili rappresentano quindi di un *second best* che dovrà essere massimizzato secondo una qualche funzione delle preferenze concernenti strumenti ed obiettivi.

La definizione delle politiche è ancora possibile a patto che si usi il concetto di pseudo-inversa (Preston-Pagan 1982). La pseudo inversa è unica se $r(\Lambda)=k$; essa gode una interessante proprietà: quella di minimizzare la norma euclidea del vettore delle differenze tra vettore *target* e vettore realizzabile:

$$\{ (x^* - x)' (x^* - x) \}^{1/2} \quad (5)$$

L'inversa che gode questa proprietà è la seguente:

$$\tilde{\Lambda} = (\Lambda' \Lambda)^{-1} \Lambda' \quad (6)$$

il suo ordine è (k per m). In forza della matrice appena definita il vettore delle variabili strumentali può essere direttamente, ma non univocamente, determinato in base alla

$$u = \tilde{\Lambda} (x^* - \phi w) + (I - \tilde{\Lambda} \Lambda) e. \quad (7)$$

In questa espressione compare il vettore "e" di elementi arbitrari di ordine pari al numero (k) delle righe di Λ . Esso ha appunto la funzione di fornire le soluzioni (che sono in numero infinito) del sistema rettangolare (7). Tra le soluzioni possibili solo (k-r+1) sono indipendenti mentre le altre sono mere combinazioni convesse delle prime. Tra le (k-r+1) soluzioni indipendenti sarà evidentemente scelta quella che minimizza una funzione obiettivo nella quale gli obiettivi sono ponderati (in tal caso la (5) va ponderata) e gli stessi strumenti compaiono con un coefficiente di costo.

Che le soluzioni indipendenti siano più d'una o una soltanto (se $r(\Lambda)=k$), occorre individuare la submatrice Λ_{11} non singolare di ordine massimo dalla matrice completa Λ . Data la definizione (3) della matrice Λ , il rango r sarà:

$$r = r(\Lambda_{11}) = r(\Lambda) \leq \min \{r(A), r(B)\}. \quad (8)$$

La risultante partizione della matrice dei moltiplicatori

$$\Lambda = \begin{pmatrix} \Lambda_{11} & \Lambda_{12} \\ \Lambda_{21} & \Lambda_{22} \end{pmatrix} \quad (9)$$

è utile per il calcolo della inversa stessa $\tilde{\Lambda}$. Elaborando opportunamente la matrice Λ si perviene a una sua scomposizione in forma di prodotto di due matrici elementari $\Omega\Pi$:

$$\Lambda = \Omega\Pi$$

$$\Omega = \begin{pmatrix} \Lambda_{11} \\ \Lambda_{21} \end{pmatrix} \quad \text{di ordine (m per r)} \quad (10)$$

$$\Pi = (I \quad \Lambda_{11}^{-1} \Lambda_{12}) \quad \text{di ordine (r per k)}$$

In forza di questa scomposizione, l'inversa generalizzata (6) si può facilmente calcolare come il prodotto trasposto delle inverse generalizzate delle due matrici elementari:

$$\tilde{\Lambda} = \Pi' (\Pi\Pi')^{-1} (\Omega'\Omega)^{-1} \Omega'. \quad (11)$$

Riassumendo, dato il sistema nella sua forma ridotta la (10) e la (11) ci dicono come calcolare la pseudoinversa del si-

stema e la (7) come calcolare le soluzioni indipendenti tra loro su cui esercitare le preferenze.

4. Considerazioni conclusive e riepilogo

La conclusione generale del punto precedente è che identificando la sottomatrice non singolare Λ_{11} è possibile calcolare l'inversa generalizzata $\bar{\Lambda}$ e pervenire ad una stima del vettore di strumenti u per valori preassegnati del vettore degli obiettivi e delle esogene di contorno w .

La probabile non unicità della soluzione lascerebbe supporre che sia indispensabile esplicitare le preferenze del *policy maker* e impostare un modello di programmazione. Ma a ben guardare questo non è affatto necessario perchè l'uso della inversa generalizzata ci offre già le opzioni di politica economica consistenti con gli scenari costruiti sulle variabili obiettivo e di contorno.

Esamineremo ora la sottomatrice Λ_{11} , il perno su cui ruota il modello (7) che genera l'insieme delle opzioni di politica economica. Assumeremo che in essa compaiono strumenti ed obiettivi sia regionali sia nazionali in modo tale che nella seguente definizione:

$$\Lambda_{11} = \begin{pmatrix} P & Q \\ R & S \end{pmatrix} \quad (12)$$

P sia l'insieme dei moltiplicatori degli strumenti nazionali sugli obiettivi nazionali ed S sia l'insieme dei moltiplicatori delle politiche regionali sugli obiettivi regionali. I moltiplicatori incrociati saranno evidentemente Q, R .

Tra tutte le possibili formulazioni che si possono dare all'inversa Λ_{11}^{-1} di particolare interesse ci sembra la seguente:

$$\Lambda_{11}^{-1} = \begin{pmatrix} P^{-1} + P^{-1} Q Z R P^{-1} & -P^{-1} Q Z \\ -Z R P^{-1} & Z \end{pmatrix} \quad (13)$$

$$Z = (S - R P^{-1} Q)^{-1}.$$

I blocchi di questa inversa posseggono infatti una chiara interpretazione economica: Z quantifica l'utilizzo degli strumenti regionali da imputare direttamente e indirettamente agli obiettivi regionali. Se gli effetti incrociati sono assenti i legami indiretti sono nulli e in tutta la matrice restano solo P^{-1} e S^{-1} (sulla diagonale) che sono gli effetti diretti. L'uso degli strumenti regionali da imputare agli obiettivi nazionali è invece $-ZRP^{-1}$. Analogamente per i termini della prima riga (uso degli strumenti nazionali).

Sul peso relativo di questi moltiplicatori (somme di riga dei quattro blocchi) non è evidentemente possibile dire nulla a priori poichè tutto dipende dai valori numerici che, caso per caso, i coefficienti Q ed R assumono a confronto di quelli di P ed S . E' comunque sicuro che la rinuncia all'uso degli strumenti di politica economica nazionale e regionale nelle "dosi" dettate dalla (13) e quindi dalla (7) porta inevitabilmente a situazioni subottimali per l'intero sistema e non solamente per le regioni arretrate. Un'analisi eminentemente astratta dei modelli regionali-nazionali ci ha consentito di individuare:

1. le condizioni sufficienti per l'esistenza di interazione tra un livello locale e uno nazionale di governo,
2. le tecniche matematiche per esplicitare le opzioni di politica economica consistenti con preassegnati scenari,
3. le possibilità di leggere nei coefficienti della forma ridotta del modello il *modus operandi* del sistema sotto esame.

Abbozzi nella direzione di modelli regionali-nazionali esistono già per il nostro paese (si veda: Costa 1980 e Martellato 1982), ma in essi non è possibile applicare questo tipo di analisi perchè manca l'esplicitazione delle variabili strumentali e obiettivo a livello sia regionale sia nazionale. Nello sviluppo di questi o altri modelli sarà quindi necessario enucleare con il maggior dettaglio possibile queste variabili.

Bibliografia

- Armstrong H., Taylor J. (1978), *Regional Economic Policy and its Analysis*, Oxford: P. Allan.
- Bolton R. (1980), *Multiregional Models in Policy Analysis*. In: *Modeling the Multiregional Economic System*, (Adams-Glickman, editori), Lexington, Mass., D.C. Heath.
- Costa P. (1980), *Verso un modello input-output multiregionale a due livelli per l'economia italiana*, (manoscritto non pubblicato), New York University.
- Courbis R. (1981), *The National and Multiregional Impact of Regional Policy*, WP 371, Nanterre, France: Groupe d'Analyse Macroéconomique Appliquée.
- Courbis R. (1982), *Measuring Effects of French Regional Policy by Means of a Regional-National Model*, *Regional Science and Urban Economics*, vol. XII, n. 1, pagg. 59-79.
- Martellato D. (1982), *Regional Input-Output Models and Interregional Trade in the Framework of a National Model*, WP 82-00, Laxenburg, Austria. International Institute for Applied System Analysis.
- Mathur V., Stein S. (1980), *Regional Impact of Fiscal Policy: an Investigation into the Reduced Form Approach*, *Journal of Regional Science*, vol. 20, n. 3, pagg. 343-351.
- Nijkamp P., Rietveld P. (1982), *Measurement of the Effectiveness of Regional Policies by Means of Multiregional Economic Models*, WP 82-00, Laxenburg, Austria, International Institute for Applied System Analysis.
- Preston A.J., Pagan A.R. (1982), *The Theory of Economic Policy*, Cambridge, USA: Cambridge U.P.

The following table shows the results of the
analysis of the samples of the material
collected from the different sources.
The results are given in the following table.
The first column shows the source of the material,
the second column shows the number of samples
analyzed, the third column shows the number of
samples found to be contaminated, and the fourth
column shows the percentage of contaminated samples.
The results are given in the following table.

Source of material	Number of samples analyzed	Number of samples found to be contaminated	Percentage of contaminated samples
Source 1	10	2	20%
Source 2	15	3	20%
Source 3	20	4	20%
Source 4	25	5	20%
Source 5	30	6	20%
Source 6	35	7	20%
Source 7	40	8	20%
Source 8	45	9	20%
Source 9	50	10	20%
Source 10	55	11	20%
Source 11	60	12	20%
Source 12	65	13	20%
Source 13	70	14	20%
Source 14	75	15	20%
Source 15	80	16	20%
Source 16	85	17	20%
Source 17	90	18	20%
Source 18	95	19	20%
Source 19	100	20	20%

The results of the analysis of the material
collected from the different sources are given
in the following table. The first column shows
the source of the material, the second column
shows the number of samples analyzed, the third
column shows the number of samples found to be
contaminated, and the fourth column shows the
percentage of contaminated samples. The results
are given in the following table.

Source of material	Number of samples analyzed	Number of samples found to be contaminated	Percentage of contaminated samples
Source 1	10	2	20%
Source 2	15	3	20%
Source 3	20	4	20%
Source 4	25	5	20%
Source 5	30	6	20%
Source 6	35	7	20%
Source 7	40	8	20%
Source 8	45	9	20%
Source 9	50	10	20%
Source 10	55	11	20%
Source 11	60	12	20%
Source 12	65	13	20%
Source 13	70	14	20%
Source 14	75	15	20%
Source 15	80	16	20%
Source 16	85	17	20%
Source 17	90	18	20%
Source 18	95	19	20%
Source 19	100	20	20%

IL SISTEMA DI MODELLI PER LO STUDIO DI CASO
DELLA TOSCANA: STRUTTURE DEI SINGOLI MODELLI
E DELLE LORO INTERRELAZIONI

di Alessandro Cavalieri⁺ - Dino Martellato^o
e Folke Snickars^{*}

Sommario

Nell'ambito dell'accordo di cooperazione fra il *Regional Development Group* dello IIASA e L'Istituto regionale per la programmazione economica della Toscana (IRPET) è stato sviluppato un sistema di modelli, aventi come cuore un modello I/O biregionale, orientato alla previsione, analisi di impatto, programmazione dell'intervento in Toscana e nelle sue interrelazioni con il resto dell'Italia e del mondo.

Nella prima parte di questa comunicazione viene fornita una presentazione della struttura del sistema di modelli, delle interrelazioni che legano i singoli componenti e delle procedure analitiche di soluzione. Alcuni cenni ai 7 specifici moduli che compongono il modello integrato formano oggetto della seconda parte della relazione. Alcune considerazioni finali concentrano l'attenzione sugli sviluppi sia in termini operativi che di struttura finale del sistema di modelli fin da ora programmati.

1. *Introduzione*

La specificazione di un sistema di modelli, sia riguardo ai singoli moduli che al tipo delle interrelazioni, dipende in gran parte da tre ordini di fattori: le finalità che si intendono raggiungere tramite il modello analitico, l'orizzonte temporale di riferimento (dipendente anche dalle finalità), la disponibilità di dati sui quali stimare i parametri.

Tralasciando per il momento l'ultimo aspetto, crediamo

+ IRPET, Istituto regionale per la programmazione economica della Toscana - Via La Farina, 27 - 50132 Firenze

o Università di Venezia (Dipartimento di Economia), Cà Foscari - Dorsoduro 3246 - 30123 Venezia

* Department of Applied Mathematics, Royal Institute of Technology - Stockholm, S10333 - Sweden

cessario un tentativo di definizione dei primi due con riferimento alla natura della modellistica costruita per il *Tuscany Case Study*, che contiene sia l'aspetto della previsione che quello dell'analisi d'impatto.

Quest'ultima, sotto certi aspetti, può essere vista come una forma di previsione condizionata. Data una serie di vincoli rispetto alle variabili soggette al controllo dell'autorità politica, il modello viene usato per analizzare le conseguenze di un dato sviluppo programmato e come tale previsto nei limiti della capacità di controllo di alcune variabili.

Versioni più avanzate e più sofisticate di un tale modello dovrebbero essere in grado di distinguere gli effetti di impatto lungo un determinato orizzonte temporale.

Quando invece si inserisce nel modello non uno scenario programmato e controllabile, ma quello che appare essere il più probabile a verificarsi nel futuro, e se ne analizzano gli effetti, allora l'accento si sposta sulla definizione di modello preventivo.

Infine, se il modello contiene in sé un meccanismo di selezione rispetto a predeterminati criteri, delle politiche future, si entra nella sfera dei cosiddetti modelli di pianificazione.

Da queste brevi considerazioni appare chiaro come i termini previsione, impatto, pianificazione si adattano più alla natura dell'*input* immesso nel modello che alla sua intrinseca struttura centrale (Rietveld, Snickars, 1981).

Ci siamo soffermati su questo punto per chiarire come sia fragile una definizione ex-ante della natura del sistema di modelli costruito per il *Tuscany Case Study*. Più opportuna appare una distinta analisi del tipo di politiche che si desidera valutare con quel sistema di modelli.

E' rispetto a quest'ultimo punto di riferimento che è possibile indicare il sistema di modelli che andiamo a presentare come orientato alla previsione di medio-periodo, alla valutazione delle politiche di intervento, all'ausilio tecnico al processo di programmazione. Esso, invece, non è in grado di indicare né politiche di stabilizzazione di breve periodo, né problemi di cambiamento tecnologico di lungo periodo; in entrambi i casi le ipotesi sulle quali il modello è costruito, contrastano proprio con le finalità di analisi che si vorrebbero raggiungere.

2. La struttura del sistema di modelli del *Tuscany Case Study*

Il cuore del sistema di modelli del *Tuscany Case Study* è la disponibilità di una tavola *input/output* Toscana ottenuta attraverso il metodo del campionamento diretto. E' questa la principale ragione che ci ha indotto a costruire un modello basato sugli scambi regionali e interregionali di merci rispetto ad altri modelli nei quali tali dati non erano disponibili.

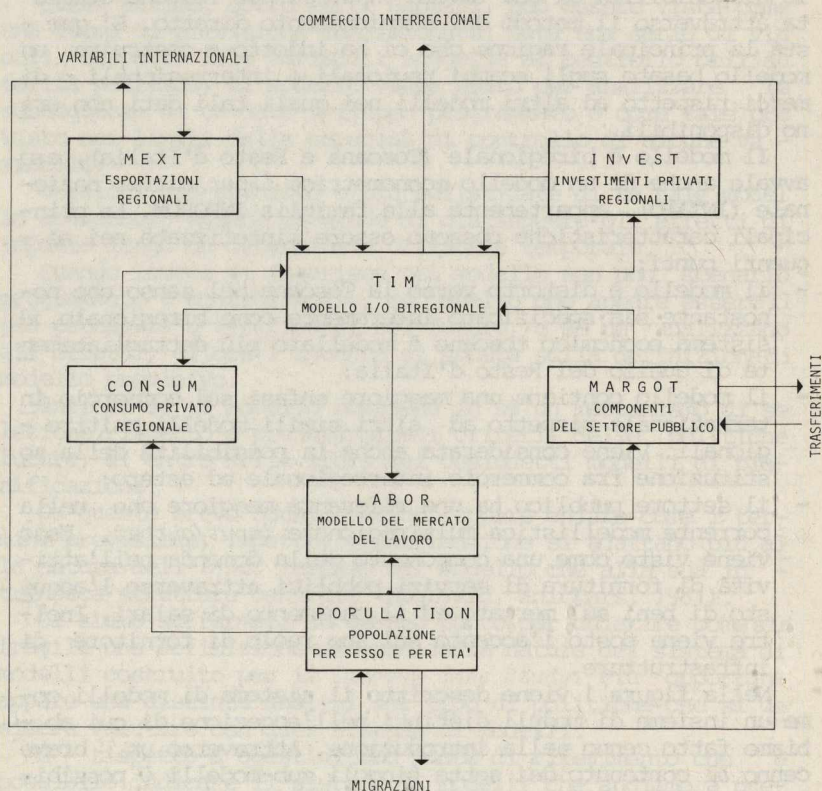
Il modello è biregionale (Toscana e Resto d'Italia), esige anche di un modello econometrico *input/output* nazionale (INTIMO), appartenente alla famiglia INFORUM. Le principali caratteristiche possono essere sintetizzate nei seguenti punti:

- il modello è distorto verso la Toscana nel senso che nonostante sia specificato interamente come biregionale, il sistema economico toscano è modellato più dettagliatamente di quello del Resto d'Italia;
- il modello contiene una maggiore enfasi sul commercio internazionale rispetto ad altri simili modelli multiregionali. Viene considerata anche la possibilità della sostituzione fra commercio interregionale ed estero;
- il settore pubblico ha una rilevanza maggiore che nella corrente modellistica multiregionale *input/output*. Esso viene visto come una componente della domanda nell'attività di fornitura di servizi pubblici attraverso l'acquisto di beni sul mercato ed il pagamento di salari. Inoltre viene posto l'accento sul suo ruolo di fornitore di infrastrutture.

Nella figura 1 viene descritto il sistema di modelli come un insieme di moduli distinti nell'accezione di cui abbiamo fatto cenno nella introduzione. Attraverso un breve cenno al contenuto dei sette singoli sub-modelli è possibile identificare le caratteristiche dell'intero sistema, mentre si rinvia al capitolo 3 per una dettagliata presentazione degli stessi.

La motivazione per un modello regionale delle esportazioni estere deriva dalle elevate quote di mercato della Toscana in alcuni settori tradizionali. Il modello dell'export (Cavalieri, 1981), è concepito come un modello di domanda disaggregata per mercati di sbocco e merci. Si assume cioè che lo sviluppo economico nei paesi importatori abbia una diretta influenza, congiuntamente ad altre variabili, sul comportamento dell'economia toscana. Viene anche considerato l'effetto sostituzione derivante dalle differenze di andamento fra l'economia estera e quella nazionale.

Figura 1 - Struttura del sistema di modelli del caso di studio sulla Toscana



Nella versione attuale del modello, le importazioni sono correlate al livello di domanda, sia finale che intermedia, attraverso coefficienti d'import. In aggiunta a queste importazioni definite complementari, vi sono delle importazioni definite competitive che si aggiungono alle precedenti allorchè si raggiunge il pieno equilibrio della capacità produttiva esistente in entrambe le regioni. Al momento i coefficienti di import non sono differenziati per usi intermedi e finali, comunque la disponibilità della matrice I/O di retta permetterà in futuro tale suddivisione. Sia le importazioni che le esportazioni vengono riallocate fra le due regioni, permettendo così l'identificazione del commercio estero regionale dovuto alla funzione di commercializzazione.

In un modello standard *input/output* la produzione è determinata esclusivamente da variabili di domanda; l'importanza, comunque, di fattori di offerta, quali il concetto di capacità produttiva di un dato sistema regionale, ha portato ad un tentativo di endogenizzazione dell'investimento in un modello tipo Leontief, che però può essere risolto solo se il modello non è di tipo annuale (Persson, 1981). E' per questa ragione che al modello I/O annuale del *Tuscany Case Study* ne è stata affiancata una variante quinquennale nella quale vengono trattati gli investimenti e la creazione di nuova capacità produttiva. Tali investimenti vengono trasformati in *input* annuali esogeni, determinando inoltre i limiti della capacità produttiva. Rispetto a questi ultimi, eventuali colli di bottiglia vengono risolti attraverso aggiustamenti degli scambi interregionali e, eventualmente, importazioni dall'estero definite competitive.

Il modello del mercato del lavoro è collegato al sistema produttivo tramite i coefficienti di *input* di lavoro ed al modulo della popolazione attraverso la partecipazione delle forze di lavoro e la disoccupazione. Queste variabili sono determinate da un meccanismo di bilanciamento dell'offerta e della domanda di lavoro una volta specificate le forze di lavoro come funzione della popolazione e del trend storico.

Il modello del settore pubblico e quello del consumo privato sono intimamente correlati l'uno con l'altro in quanto le politiche di distribuzione del reddito, esaminate attraverso la matrice del reddito disponibile a livello settoriale, influiscono sul comportamento del consumatore sia direttamente che indirettamente. Il modello del consumo privato è stato costruito secondo la funzione proposta da Almon (1979) e applicata a livello nazionale nel modello INTIMO per l'Italia (Grassini, 1982).

Attraverso la presentazione dei diversi moduli della figura 1, abbiamo cercato di motivare la scelta dello schema

modulare seguito nella costruzione del sistema di modelli del *Tuscany Case Study*, nei paragrafi successivi analizziamo le singole specificazioni dei sub-modelli, nonché lo schema logico ed operativo delle loro interrelazioni.

3. *Le singole componenti del sistema*

Le interdipendenze fra i modelli

La struttura logica ed operativa delle relazioni fra i diversi moduli del sistema di modelli è presentata nella figura 2, mentre per la struttura analitica delle relazioni si rinvia ai paragrafi relativi ai singoli modelli.

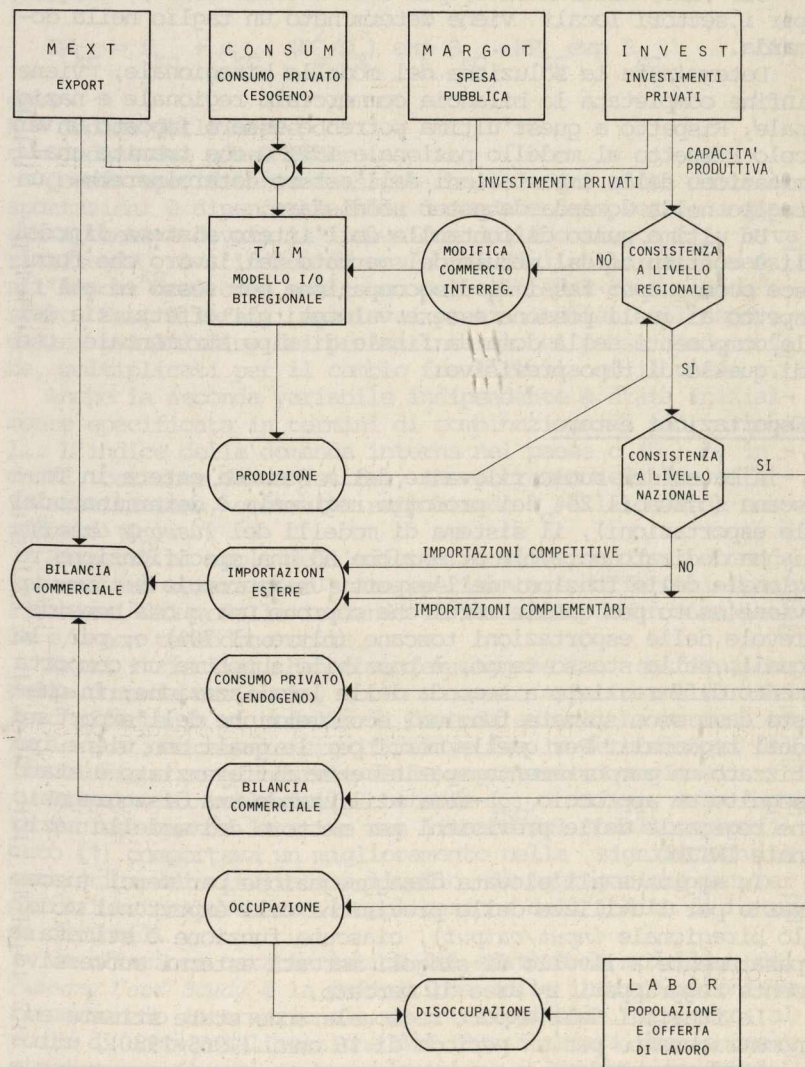
Nella configurazione attuale il sistema di moduli si presenta come una combinazione di moduli di breve e medio periodo, nella quale il secondo ha lo scopo di definire il settore dell'investimento privato e del conseguente livello della capacità produttiva.

Nella versione annuale del modello esso può definirsi come un modello *input/output* interregionale non lineare.

I quattro modelli posti in alto nella figura 2 forniscono al sistema le componenti esogene della domanda finale. Occorre al riguardo notare che solo una quota del consumo privato è endogeno a livello annuale e che l'investimento privato è endogeno solo nel modulo di medio periodo mentre rimane esogeno rispetto al modulo di breve. Un'altra caratteristica del sistema di modelli è la possibilità di separare le variabili ed i parametri fra strumentali e non strumentali, come nel caso dell'interazione fra consumo e produzione (che non appare esplicitamente nella figura) che viene influenzata dal livello assegnato ad alcuni parametri (determinanti il reddito disponibile) nella funzione del consumo.

Risolvendo il modello TIM per un dato livello di capacità produttiva (derivante dal modulo degli investimenti di medio periodo) si ottiene attraverso un processo iterativo un livello della produzione con una matrice degli scambi interregionali consistente con la localizzazione regionale sia della produzione che della capacità produttiva. Una volta determinata tale consistenza vengono computati il consumo privato, le importazioni esterne, il commercio interregionale e l'occupazione.

Una particolare attenzione viene dedicata alla consistenza fra domanda ed offerta nelle due regioni ed a livellone nazionale. Se risulta su base nazionale un eccesso di domanda questa viene coperta da importazione aggiuntiva dell'estero



(definita competitiva), rispetto a quelle determinate dai coefficienti di import (che danno luogo ad importazioni definite complementari). Ciò avviene quando la riallocazione interregionale della domanda non è sufficiente a riequilibrare in entrambe le regioni la domanda con l'offerta.

Ciò vale, naturalmente, per i beni scambiabili, mentre per i settori locali viene determinato un taglio nella domanda.

Determinata la soluzione del modello biregionale, viene infine completata la bilancia commerciale regionale e nazionale. Rispetto a quest'ultima potrebbe essere imposto un vincolo rispetto al modello nazionale INTIMO che tramite una limitazione delle importazioni dall'estero determinerebbe un taglio nella domanda da poter soddisfare.

Un ultimo punto di controllo dell'intero sistema di modelli è costituito dal modulo del mercato del lavoro che fornisce come *output* tassi di disoccupazione per sesso ed età rispetto ai quali possono essere valutati gli effetti sia delle componenti della domanda finale di tipo strumentale che di quello di tipo previsivo.

Esportazioni estere

A causa del ruolo rilevante della domanda estera in Toscana (circa il 25% del prodotto regionale è determinato dalle esportazioni), il sistema di modelli del *Tuscany Case Study* ha dedicato notevole attenzione ad una specificazione regionale delle funzioni dell'export. Un approccio *bottom-up* viene usato per quelle merci che coprono una quota considerevole delle esportazioni toscane (oltre il 70%) e, per le quali, nello stesso tempo, è possibile supporre un comportamento differenziato a seconda della localizzazione; in questo caso sono stimate funzioni econometriche dell'export sui dati regionali. Per quelle merci per le quali non viene ipotizzato un comportamento spazialmente differenziato è stato seguito un approccio *top-down* utilizzando una disaggregazione regionale delle previsioni per settore del modello nazionale INTIMO.

In aggiunta all'elevata disaggregazione per merci (necessaria per l'utilizzo delle previsioni dell'export nel modello biregionale *input/output*), ciascuna funzione è stimata separatamente a livello di singoli mercati esterni successivamente raggruppati in aree di mercato.

Le funzioni dell'export regionale sono state stimate econometricamente per un periodo di 16 anni (1965-1980), utilizzando anche dati *cross-section* attraverso il raggruppamento dei singoli paesi in aree di mercato; naturalmente tut

te le variabili sono espresse in prezzi costanti.

La specificazione del modello dell'export stimato per la Toscana (Cavaliere et al. 1982) è data dalla seguente funzione additiva di domanda e prezzo, parzialmente derivata da quella utilizzata nel modello Regis (Courbis e Cornilleau, 1978):

$$EW_{kc} = f_{kc} + \alpha_{kc} \cdot (D_c^2/D_N) \exp \beta_{kc} \cdot RP_{kc} \exp \delta_{kc} \quad (1)$$

dove

K = indice della merce

c = indice del paese estero.

Questa specificazione assume che solo una quota delle esportazioni è dipendente dalla domanda e dal prezzo; a questa ipotesi è dovuta la inclusione della costante f_{kc} . L'variabile RP_{kc} è l'indice di una sorta di livello dei prezzi all'export così come essi sono percepiti dal consumatore estero. Esso è infatti uguale ai prezzi italiani all'export, divisi per l'indice dei prezzi interni nel paese c ed, infine, moltiplicati per il cambio fra l'Italia ed il paese c.

Anche la seconda variabile indipendente è stata inizialmente specificata in termini di combinazione di più variabili. L'indice della domanda interna nel paese c (D_c) è, infatti, corretto da un fattore, che potremmo definire effetto sostituzione, costruito rapportando D_c alla domanda nazionale (D_N).

Rispetto al ruolo dell'effetto sostituzione fra domanda interna ed estera sono state sperimentate differenti specificazioni del modello isolando la variabile domanda nazionale e/o non tenendone conto.

Tutti i risultati hanno confermato che la sostituzione della domanda nazionale, sotto un certo aspetto una variabile d'offerta in un modello di domanda estera, ha avuto un ruolo statisticamente significativo fra le determinanti dell'evoluzione congiunturale delle esportazioni regionali.

Rispetto al ruolo della costante f_{kc} , infine, essa è stata inclusa quando la stima non lineare del modello specificato (1) comportava un miglioramento nella significatività statistica dei risultati a livello di aggregazione per merci, valutata attraverso l'applicazione dell'indice di distanza di Theil.

Un'ulteriore caratteristica del sistema di modelli del *Tuscany Case Study* è la definizione delle interrelazioni fra il commercio internazionale ed interregionale. Rispetto al ruolo di commercializzazione dei flussi esteri fra le due regioni vengono presi in considerazione i seguenti passaggi: produzione estera → importazioni estere regionali → esporta

zioni interregionali;
 esportazioni regionali estere + importazioni interregionali
 + produzione regionale.

Secondo queste ipotesi viene allocata regionalmente attr_{verso} la matrice del commercio interregionale anche il com_{mercio} estero delle due regioni insieme alle altre componen_{ti} della domanda finale.

Consumo privato e spesa pubblica

Riteniamo opportuno esaminare congiuntamente questi due sub-modelli in quanto l'approccio seguito per la endogeneiz_{zazione} del consumo privato deriva dall'obiettivo di ottene_{re} i moltiplicatori Keynesiani-Leonteviani delle variabili e_{sogene} strumentali quale derivano dalle scelte riguardanti la spesa pubblica (Maltinti e Petretto, 1981).

Il settore pubblico è introdotto nel modello biregionale *input/output* (Tim), attraverso le seguenti relazioni (Mal_{tinti} e Petretto, 1982)

$$G^r = C_g^r + I_g^r, \quad (2)$$

$$C_{gi}^r = a_{gi}^r C_g^r, \quad (3)$$

$$I_{gi}^r = b_{gi}^r I_g^r, \quad (4)$$

$$S_g^r = l_g^r C_g^r, \quad (5)$$

$$C_g^r = S_g^r + \sum_i C_{gi}^r, \quad (6)$$

dove G^r , C_g^r e I_g^r sono valori che rappresentano rispettiva_{mente} il totale_g della spesa pubblica, la spesa pubblica cor_{rente}, il totale degli investimenti pubblici. Nella (3) e nella (4), a_{gi}^r e b_{gi}^r sono vettori di quote di *input* per set_{tori} del totale C_g^r e I_g^r . La (5) definisce i salari dei pub_{blici} dipendenti, mentre la (6) è l'equazione definitoria della spesa pubblica corrente.

Attualmente è in corso il lavoro riguardante la disaggre_{gazione} dei vettori C_{gi}^r , in alcune funzioni pubbliche, ognuna caratterizzata da diversi vettori a_{gi}^r e b_{gi}^r . Attraverso questa procedura sarà possibile analizzare gli effetti di im_{patto} dei diversi livelli della spesa pubblica per le diver_{se} funzioni sociali.

Per ottenere questi risultati il consumo privato è stato trattato in modo tale da collegarlo alla produzione attra_{verso} la matrice del reddito disponibile per settori e per

cettori di reddito (Miyazawa, 1976).

La forma della funzione del consumo è quella proposta da Almon (1979) e già applicata nel modello Intimo per l'Italia (Grassini, 1982).

Consideriamo il sistema:

$$C_K^r = (b_0^{rk} + b_1^{rk} C^r + b_2^{rk} \Delta C^r + b_3^{rk}(t) \cdot \lambda^{rk}(p), \quad (7)$$

$$C^r = C_0^r + a_w^r W^r + a_\pi^r \Pi^r, \quad (8)$$

$$W^r = \sum_j w_j^r x_j^r + w_g^r C_g^r, \quad (9)$$

$$\Pi^r = \sum_j \pi_j^r x_j^r, \quad (10)$$

$$C_i^r = \sum_k \sigma_{ik}^r C_k^r, \quad (11)$$

La relazione (7) è una funzione lineare stimata econometricamente per le due regioni (Toscana e Resto d'Italia), moltiplicata per i mezzi relativi ($\lambda^{rk}(p)$), derivati dal modello Intimo.

La (8) fornisce il consumo privato aggregato per regioni attraverso la stima di una relazione di tipo Kaldoriano. Il collegamento tra il reddito disponibile (W^r , Π^r) e la produzione per settori si basa su una matrice del reddito disponibile costruita per la Toscana ed il Resto d'Italia tenendo in considerazione il prelievo fiscale e i trasferimenti pubblici per settore.

Dalle equazioni dalla (7) alla (11) e dividendo il consumo fra componente endogena ed esogena otteniamo:

$$K_i^r = \sum_k \sigma_{ik}^r \left[b_0^{rk} + b_1^{rk} (a_w^r C_g^r + C_0^r + b_3^{rk} t + \right. \\ \left. + b_2^{rk} \cdot (a_w^r \Delta C_g^r + \Delta C_0^r) \right] \cdot \lambda^{rk}(p) \quad (12)$$

$$h_{ij}^{mr} = \sum_k \sigma_{ik}^r b_m^{rk} \lambda^{rk}(p) \cdot (a_w^r x_j^r + a_\pi^r \cdot \pi_j^r), \quad m=1,2 \quad (13)$$

La forma finale del sub-modello del consumo privato è data da:

$$C_i^r = K_i^r + \sum_j (h_{ij}^{1r} \cdot x_j^r + h_{ij}^{2r} \Delta x_j^r), \quad (14)$$

dove Δx_j^r è la differenza fra la produzione corrente e quella dell'anno precedente.

Ogni componente della (14) può essere soggetta a modifi-

che nei parametri in quanto K cambia nel tempo secondo la (12) e h_{ij}^R è soggetta alle modifiche della matrice del reddito disponibile che, per certi aspetti, può essere considerata come una variabile di tipo strumentale a livello pubblico, presente anche nella determinazione di K attraverso la componente W_g^R, C_g^R .

Commercio interregionale, importazioni estere e capacità produttiva

Particolare attenzione è stata rivolta al trattamento del commercio fra le due regioni secondo alcune ipotesi che derivano dall'esame della realtà economica toscana. La prima è relativa al fatto che il collegamento della regione con il Resto d'Italia si basa più sugli scambi di merci che su quello dei fattori produttivi. Ciò deriva dall'elevata specializzazione della struttura industriale che implica forti interrelazioni commerciali con il Resto d'Italia quale effetto di modifiche della domanda complessiva, sia regionale che nazionale. Questa è la principale ragione per la quale è stato deciso di chiudere il modello rispetto agli scambi interregionali.

La seconda ipotesi riguarda la stabilità dei coefficienti di scambio.

E' ragionevole assumere che essa sia piuttosto bassa, per cui è stato fatto un tentativo di implementare un meccanismo che fa variare tali coefficienti al fine di raggiungere una consistenza fra localizzazione regionale della produzione e scambi interregionali.

Poichè, infatti, la non stabilità dei coefficienti di scambio implica sostituibilità nell'origine geografica dell'offerta per una data domanda, abbiamo deciso di far dipendere le importazioni regionali dalla domanda totale e dalla capacità produttiva nelle due regioni piuttosto che dalla produzione.

L'effetto sostituzione (Martellato, 1982a) viene calcolato rendendo i coefficienti di scambi alla Chenery-Moses una funzione logistica della sovracapacità nelle due regioni relativamente a quella totale del sistema nazionale.

Abbiamo così ottenuto che:

1. il commercio interregionale aumenta (entrambe le regioni esportano di più) se la sovracapacità ($\bar{x} - x$) diminuisce (cioè la produzione (x), aumenta più della capacità (\bar{x}));
2. la regione s aumenta il proprio coefficiente d'export relativamente di più della altra regione se la sua sovracapacità ($x^s - \bar{x}^s$) diminuisce più rapidamente rispetto al

la regione r .

Esiste un'analogia nel trattamento dell'importazione e - stera di tipo competitivo (in aggiunta, cioè, a quelle complementari) e le importazioni complessive della regione, nel senso che un eccesso di domanda sulla capacità produttiva nella regione s , farà aumentare le importazioni della regione r , se esiste sovracapacità, e del resto del mondo quando viene raggiunta la piena utilizzazione degli impianti.

Formalmente il sistema *input/output* diviene non lineare in quanto:

$$x = B(x, \bar{x}) \cdot (Ax + f) \quad (15)$$

dove la domanda totale $(Ax + f)$ è allocata nella produzione per settori e regioni.

La differenza fra domanda e produzione implica una bilancia commerciale interregionale che, per definizione dell'operatore $B(x, \bar{x})$, è una funzione della localizzazione della produzione e della capacità produttiva per settore e regione.

In Martellato (1982) si dimostra che fatte alcune ragionevoli ipotesi su: (a) la possibilità di attivare importazioni competitive nel caso di produzione non effettuabile, e (b) sulla consistenza reciproca fra localizzazione della produzione e scambi regionali, è possibile introdurre un tetto al comportamento del coefficiente $B(x, \bar{x})$.

Attraverso questa funzione di aggiustamento entrambi i coefficienti possono essere aumentati se viene ridotta la sovracapacità nazionale.

Se non intervengono fattori frizionali è ragionevole assumere che in tal caso aumenta la interazione commerciale fra le due regioni. Se si assume, invece, la costanza nel grado di utilizzazione degli impianti a livello nazionale, ogni singolo coefficiente interregionale può aumentare o diminuire in funzione della sovracapacità della regione esportatrice rispetto a quella della regione importatrice.

L'implementazione di questo meccanismo ha comportato una separazione fra importazioni estere complementari e competitive. La distinzione non è fatta sulla base di considerazioni di natura economica in quanto non è possibile distinguere nei dati statistici ciò che è importato per necessità (ipotesi della complementarità) da ciò che è importato per convenienza relativa (ipotesi di competitività). Nella nostra definizione le importazioni complementari sono semplicemente quelle computate sulla domanda totale secondo coefficienti calcolati nell'anno di calibratura del modello.

Le importazioni competitive sono definite come importa -

zioni aggiuntive che si ottengono quando la domanda totale eccede il livello di capacità installata. Formalmente otteniamo:

$$MW = MB(x, \bar{x}) \left[Ax + F - EW \right] + \max \left[(x - \bar{x}), 0 \right] \quad , \quad (16)$$

dove la prima parte della formula $MB(x, \bar{x})$ esprime l'ipotesi dei due tipi di importazioni cui abbiamo sopra accennato.

Questa soluzione, discussa fra gli altri in Blitzer et al. (1975, p. 57), è valida solo per merci oggetto di scambio. Per merci e servizi non trasferibili la consistenza fra domanda ed offerta può essere trovata solo tramite una riduzione della domanda.

Investimenti privati

I vantaggi derivanti dall'implementazione di un modello *input/output* dinamico devono essere valutati anche rispetto ai problemi teorici e pratici che ne derivano. Fra i vari approcci possibili è stato seguito quello che si basa sul raggiungimento di una consistenza fra produzione e capacità nel medio periodo (Johansson et al., 1982). Facendo riferimento ai lavori di Persson (1980, 1981), gli investimenti fissi privati sono determinati endogenamente nel medio periodo come una funzione sia della domanda che della capacità produttiva.

Definiamo $\bar{x}_i^r(t)$ come la capacità produttiva nel settore i nella regione r al tempo t . Inoltre $I_i^r(t)$ può essere convertito in investimenti per settori riceventi secondo il periodo di tempo che occorre fra il momento della decisione di investimento ed il completamento dello stesso su un periodo pluriennale. Definiamo così $b_{ij}^r(\tau)$ come la quantità richiesta del bene i per una unità di incremento della capacità produttiva del settore j , nella regione r , τ periodo dopo l'inizio del processo di investimento.

Nelle notazioni successive assumiamo che $\tau = 0$. Definiamo inoltre ρ_i^r come il tasso di ammortamento nel settore i , regione r .

L'investimento $I_i^r(t)$ può quindi essere espresso da:

$$I_i^r(t) = \sum_j b_{ij}^r \left[\bar{x}_j^r(t+1) - (1-\rho_j^r) \bar{x}_j^r(t) \right] \quad (17)$$

nell'ipotesi che gli investimenti creino capacità con un solo anno di ritardo.

Definiamo ora T = numero di anni necessario al raggiungimento della consistenza fra produzione e capacità. Assu -

Figura 3 - Illustrazione dell'analisi dello sviluppo della capacità e della produzione

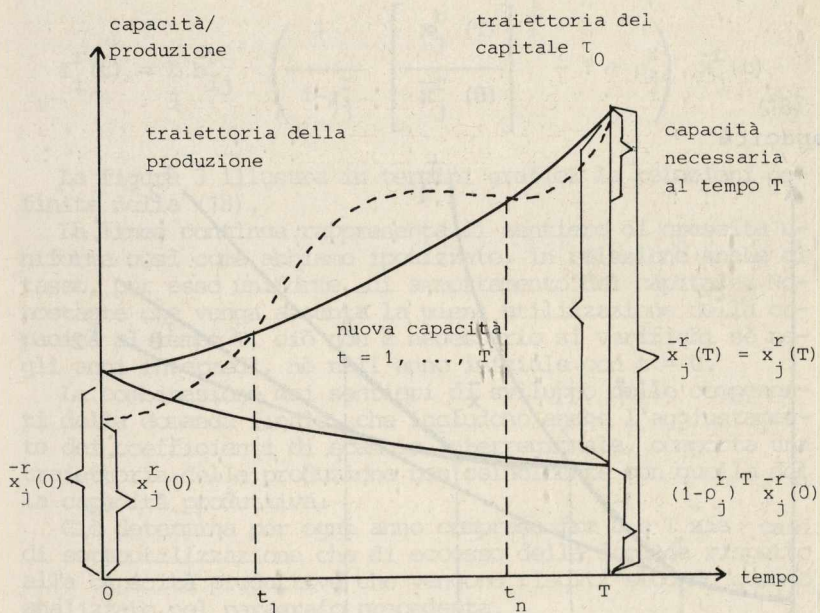
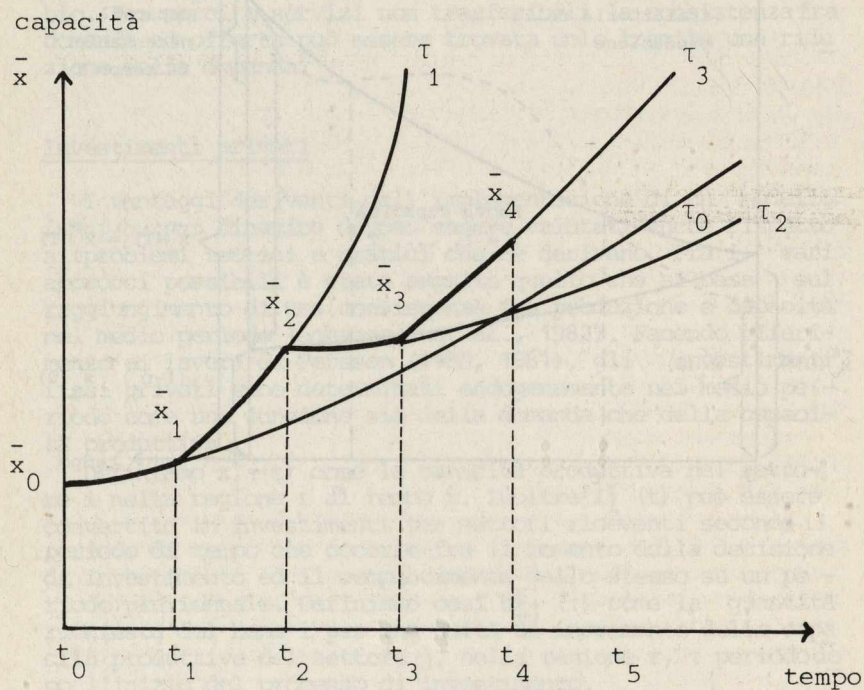


Figura 4 - Attuale sentiero della capacità produttiva



mendo che durante l'intervallo $t = 1, \dots, T$ si verifichi una crescita uniforme della capacità e definendo $x_j^r(T)$ come la produzione prevista al tempo finale T , ovviamente dipendente dalle componenti della domanda finale esogena, possiamo esprimere la (17) in altri termini:

$$I_i^r(t) = \sum_j b_{ij}^r \left(\frac{1}{1-\rho_j^r} \left[\frac{x_j^r(T)}{\bar{x}_j^r(0)} \right]^{\frac{1}{T}} - 1 + \rho_j^r \right) \bar{x}_j^r(t) \quad (18)$$

La figura 3 illustra in termini grafici le relazioni definite nella (18).

La linea continua rappresenta il sentiero di crescita uniforme così come abbiamo ipotizzato, in relazione anche al tasso, pur esso uniforme, di ammortamento del capitale. Nonostante che venga assunta la piena utilizzazione della capacità al tempo T , ciò non è necessario si verifichi nè negli anni intermedi, nè nell'anno iniziale con $t = 0$.

La combinazione dei sentieri di sviluppo delle componenti della domanda finale, che includono anche l'aggiustamento dei coefficienti di scambio interregionale, comporta una traiettoria della produzione non coincidente con quella della capacità produttiva.

Ciò determina per ogni anno compreso fra 0 e T sia casi di sottoutilizzazione che di eccesso della domanda rispetto alla capacità produttiva che vengono risolti secondo quanto analizzato nel paragrafo precedente.

Le ipotesi fatte per l'implementazione del modello degli investimenti non sono così restrittive come può apparire in quanto vi è un'interazione fra il modulo annuale e quello a medio termine. Quest'ultimo viene risolto per una data previsione pluriennale della domanda finale: si determina così la traiettoria di espansione del capitale descritta dall'alinea τ_0 della figura 4.

La soluzione del modello annuale al tempo t_0 (secondo la (17)) assume esogenamente il livello degli investimenti e della capacità descritti nella figura 4. Nell'anno successivo al tempo t_1 viene ricomputato lo sviluppo della domanda finale da t_1 a $T+1$, e quindi viene di nuovo risolto il modulo a medio termine ottenendo così τ_{1j} è sulla base di questa nuova traiettoria che vengono immessi al tempo t_1 nel modulo annuale i nuovi dati dell'investimento e della capacità.

Appare quindi chiaro che la soluzione di medio periodo viene usata solo per il primo anno nel modello di breve pe-

riodo, dopo di che viene sostituita da un'altra per l'anno successivo e così via.

Mercato del lavoro e popolazione

Nel contesto generale del sistema di modelli del *Tuscany Case Study* l'attenzione è principalmente rivolta alle interrelazioni a livello commerciale, mentre il sub-modello del mercato del lavoro ha come obiettivo solo quello di confrontare la domanda di lavoro (derivata economicamente dal modello *input/output*) con l'offerta determinata esclusivamente da variabili sociali e demografiche.

Tenuto conto di questa drastica semplificazione della complessità delle relazioni fra le fondamentali variabili (Le-dent, 1982) del mercato del lavoro, è stata scelta la seguente formulazione:

$$E_i^r = l_i^r x_i^r \quad (19)$$

$$LB_{ah}^r = \psi(\text{POP}_{ah}^r, t) \quad (20)$$

$$\mu^r = \frac{\sum_a \sum_h LB_{ah}^r - \sum_i E_i^r}{\sum_a \sum_h LB_{ah}^r} \quad (21)$$

dove:

E = occupazione;

LB = forze di lavoro;

POP = popolazione;

μ = saggio di disoccupazione;

l_i = coefficienti di lavoro del settore i;

r = Toscana e Resto d'Italia;

a = fasce d'età (1=14-19; 2=20-29; 3=30-49; 4=50-59; 5=60 e oltre)

h = sesso.

La funzione (20) è stata stimata econometricamente in una specificazione lineare per regioni, sesso e fasce d'età. I risultati della stima hanno messo in evidenza che le modifiche più rilevanti intervenute nella partecipazione al lavoro sono limitate alla componente giovanile e femminile, quale effetto di un mutato atteggiamento verso il lavoro.

Le proiezioni della popolazione derivano da un'applicazione del modello demografico multiregionale di Willekens e Rogers (1978) applicato alla Toscana (Campisi, 1981). Il tasso di disoccupazione determinato dalla (21) non è colle-

gato alle altre variabili del sub-modello del lavoro, ma viene semplicemente computato come residuo.

Attualmente si sta lavorando ad una stesura dei coeffi -
cienti di lavoro l_j^r per sesso ed età. Attraverso questo ti-
po di approccio sarà possibile formulare previsioni e/o ana-
lisi d'impatto rispetto all'andamento della disoccupazione
per sesso ed età che è uno dei maggiori problemi da affron-
tare in molti mercati del lavoro regionali.

4. Alcune considerazioni finali

Il sistema di modelli che abbiamo presentato in questare
lazione costituisce uno strumento per la formulazione di pre-
visioni e analisi di impatto caratterizzate da una consi-
stenza economica complessiva.

Gli scenari che si ottengono dalla soluzione del modello
globale sono, infatti, consistenti sotto tre importanti pun-
ti di vista.

In primo luogo, vi è una consistenza settoriale fra li -
vello della domanda e capacità produttiva, attraverso un e-
same congiunto di elementi di domanda e di offerta. In se -
condo luogo tale consistenza viene verificata a livello di
produzione e consumo più investimenti nel senso che la pro-
duzione ottenuta come soluzione è compatibile con i livelli
di domanda inseriti come *input* nel modello. In terzo luogo,
ed è questo forse l'aspetto più nuovo nel contesto dei mo -
delli multiregionali *input/output*, l'abbandono dell'ipotesi
di invarianza dei coefficienti di scambio interregionale as-
sicura la consistenza fra la localizzazione regionale della
produzione e della capacità produttiva con il commercio fra
le due regioni.

Il modello complessivo rimane nell'ambito di una struttu-
ra *input/output* alla Leontief dove il ruolo trainante è gio-
cato dalle componenti della domanda finale anche se sono sta-
te inserite alcune variabili di offerta attraverso il ruolo
che assume lo sviluppo della capacità produttiva quale *out-*
put del modello degli investimenti a medio termine.

Sotto il profilo temporale il sistema complessivo rimane
di breve periodo in quanto produce soluzioni annuali; esso
è però completato da un modulo a medio termine per quantori
guarda il processo di formazione del capitale che influisce
sull'aggiustamento dei coefficienti di scambio. Nessuna at-
tenzione è, però, dedicata, almeno nella fase attuale, ai
cambiamenti tecnologici di lungo periodo in quanto il model-
lo di medio degli investimenti ha effetto solo sul livello
della capacità produttiva e non sulla tecnologia.

La caratteristica principale rispetto ai livelli geografici di analisi è quella di un modello regionale-nazionale di tipo *bottom-up* con una preferenza per la mobilità delle merci rispetto a quella dei fattori.

Come abbiamo detto nel paragrafo introduttivo rimane difficile una definizione del sistema di modelli attraverso una identificazione di etichette quali previsivo, proietti - vo, di impatto e di pianificazione, dipendendo quest'ultime in gran parte dall'uso che del modello stesso si intende farne.

Un'utilizzazione che al momento è duplice: a) produzione di scenari consistenti dati i sentieri di sviluppo delle esportazioni e del processo di formazione del capitale, b) valutazione degli effetti settoriali e geografici derivanti da politiche soggette al controllo dell'autorità politica sia a livello nazionale che regionale.

A questo riguardo il modello esplicita due principali variabili di controllo di tali effetti per la rilevanza che possono assumere. La prima è il livello del saggio di disoccupazione per sesso e per età che nella situazione attuale rimane uno dei principali termini di valutazione delle politiche. La seconda è la bilancia commerciale sia nazionale che regionale. Mentre la rilevanza della prima, come variabile di monitoraggio del funzionamento di un sistema economico è nota, il ruolo della seconda non è normalmente analizzato. Pur se è vero che il vincolo di bilancia commerciale regionale non ha un'influenza diretta, la posizione debitoria o creditoria di una regione indica il livello di trasferimenti di reddito necessari a bilanciare le rispettive posizioni economiche. Una posizione di persistente posizione debitoria diviene, infatti, una debolezza economica in situazioni caratterizzate da politiche restrittive dei flussi finanziari che non risultano geograficamente neutrali proprio rispetto alle bilance commerciali delle singole regioni.

Bibliografia

- Almon C. (1979), *A system of consumption functions and its estimation or Belgium*, Southern Economic Journal.
- Blitzer C., Clark P. e Taylor L. (1975), *Economic world models and development planning*, World Bank, London, Exford University Press.
- Campisi D. (1981), *Effects of migration on population and labour force supply growth of Tuscany*, Regional Development Group, IIASA.
- Cavalieri A. (1981), *International trade linkages in interregional I/O Economic modeling: the model for the Tuscany Case Study*, WP-81 - 150, Laxenburg, IIASA.
- Cavalieri A., Casini S. e Viviani A. (1982), *The regional export model of the Tuscany Case Study system of models*, CP-82-00 (forthcoming), Laxenburg, IIASA.
- Courbis R. e Cournilleau G. (1978), *The REGIS model: a simplified version of the national-regional REGINA mode*, paper presented at the RSA Meeting, Fribourg, August.
- Grassini M. (1982), *An estimation of a system of consumption functions for Italy, preliminary results*, in Proceedings of Task Force Meeting on input/output modeling (1981), Smyshlaev A., CP-82-32, Laxenburg, IIASA.
- Johansson B., Grassini M. e Persson H. (1982), *Capacity change and capacity formation in a multisectorial model: an application to the Tuscany Case Study*, CP-32-00 (forthcoming), Laxenburg, IIASA.
- Ledent J. (1981), *Statistical analysis of regional growth: consistent modeling of employment, population, labour force participation and unemployment*, WP-81-129, Laxenburg, IIASA.
- Maltinti G. e Petretto A. (1981), *MARGOT: The public sector in the model system of the Tuscany Case Study*, Memorandum, Irpet, DDL, Florence.
- Maltinti G. e Petretto A. (1982), *Fiscal policy in the Tuscany interregional input/output model*, CP-82-00 (forthcoming), Laxenburg, IIASA.
- Martellato D. (1982), *Interregional substitution effects with capacity constraints*, CP-82-00 (forthcoming), Laxenburg, IIASA.
- Miyazawa K. (1976), *Input/output analysis and the structure of income distribution*, New York, Springer Verlag.
- Persson H. (1980), *On extensions of a medium-term input/output model*, Department of Mathematics, Royal Institute of Technology, Stockholm (mimeo).
- Persson H. (1981), *A way of modelling investment in a multisectorial model*, paper presented at the International Conference on Structural Economic Analysis and Planning in Time and Space, Umea, June.
- Rietveld P. e Snickars F. (1981), *Classification of multiregional economic models in terms of interregional linkages*, paper presented at the IIASA Conference on Practice and Prospects of Multiregional Economic Modeling, November.
- Willekens F. e Rogers A. (1978), *Spatial population analysis: methods and computer programs*, RR-78-18, Laxenburg, IIASA.

L'APPLICAZIONE DI UN MODELLO DINAMICO A LARGA SCALA PER L'AREA METROPOLITANA DI TORINO

di *Cristoforo S. Bertuglia[†]* - *Teresio Gallino[†]*
Ivo Gualco[†] - *Silvia Occhelli[†]* - *Giovanni A. Rabino[†]*
Carlo Salomone[†] e *Roberto Tadei[†]*

Sommario

E' in corso d'applicazione un modello a larga scala alla area metropolitana di Torino. Si tratta di un modello dinamico spazialmente disaggregato per la simulazione della struttura di un sistema urbano.

In questo articolo si presenta il funzionamento del modello e si illustrano le modifiche apportate alla sua versione originale. Inoltre, vengono descritte le operazioni di calibrazione del modello, con particolare riferimento al sottomodello di localizzazione residenziale, il quale costituisce il cuore del modello complessivo.

Alcuni risultati di un'analisi di sensitività per questo sottomodello sono discussi. Inoltre si delineano le possibili direzioni per lo sviluppo futuro del modello.

1. Introduzione

E' in corso l'applicazione di un modello a larga scala al Comprensorio di Torino.

Si tratta di un modello dinamico per la simulazione della struttura di un sistema urbano, i cui aspetti teorici ed operativi fondamentali sono stati illustrati nella II^a Conferenza Nazionale dell'AISRe, Napoli, 1981 (Bertuglia et al. 1981).

In questa comunicazione, si procederà a:

- a. richiamare brevemente il funzionamento del modello in esame e ad illustrare le modifiche apportate alla sua versione originale;

* IRES - Istituto Ricerche Economico Sociali del Piemonte - Via Bogino, 21 - 10123 Torino.

+ CERIS - Istituto di Ricerca sull'Impresa e lo Sviluppo del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Via Avogadro, 8 10121 Torino

- b. descrivere le operazioni di calibrazione con riferimen - to, in particolare, agli aspetti operativi (metodi stati stici utilizzati, informazioni necessarie e procedure di *software* adottate);
- c. formulare alcune considerazioni sugli esperimenti effet tuati.

2. *Funzionamento del modello*

Il modello di simulazione è composto dai seguenti sotto modelli, ciascuno dei quali simula la dinamica del sottosistema al quale è associato:

- a. sottomodello industriale (IND);
- b. sottomodello terziario (TERZ);
- c. sottomodello della popolazione (POP);
- d. sottomodello delle abitazioni (AB);
- e. sottomodello dell'uso del suolo (SUOLI + SUOLFI);
- f. sottomodello residenziale (RESI + RESFI);
- g. sottomodello di trasporto (TRASP) costituito, in realtà, dalla matrice esogena dei tempi di viaggio.

In figura 1 è illustrato lo schema complessivo del modello di simulazione. In detta figura, è evidenziato l'ordine in cui i sottomodelli intervengono nel modello complessivo; inoltre, sono evidenziate le principali interrelazioni che legano i diversi sottomodelli.

Le interrelazioni sono fondamentalmente di tre tipi:

1. interrelazioni di natura socioeconomica, fra le quali è possibile riconoscere le relazioni causali proprie del modello di Lowry (Lowry, 1964), che legano i sottomodelli dell'industria e del terziario ai sottomodelli della popolazione e delle residenze;
2. interrelazioni di natura fisico-spaziale, che legano il sottomodello dell'uso del suolo ai sottomodelli dell'industria, del terziario, delle abitazioni e dei trasporti;
3. interrelazioni relative al sottomodello residenziale (che sono di natura sia socioeconomica sia fisico-spaziale), che legano il sottomodello residenziale agli altri sottomodelli.

Per l'illustrazione delle operazioni effettuate da ciascun sottomodello, cfr.: Bertuglia et al. (1981).

3. *Modifiche apportate alla versione iniziale del modello*

Il modello presenta, rispetto alla versione iniziale (Ber

---- interrelazioni di natura fisio-spaziale

3.3. interrelazioni relative al sottomodello residenziale

principali relazioni di feedback

tuglia et al. 1980) alcune modifiche (di natura logica e formale), resesi necessarie nel corso dell' implementazione operativa del modello, le quali, tuttavia, non ne hanno cambiato la struttura teorica complessiva.

Per gli aspetti logici del modello, le modifiche apportate concernono:

- a. la semplificazione, nella modellizzazione, dei fenomeni di: rilocalizzazione delle attività economiche, turnover industriale e recupero residenziale, assimilandoli a fenomeni di incremento e diminuzione delle attività e delle abitazioni;
- b. lo sviluppo del sottomodello dell'uso del suolo, nel quale è stata introdotta sia la modellizzazione delle operazioni di riassegnazione dell'uso del suolo da parte dell'operatore pubblico sia la modellizzazione degli effetti delle suddette operazioni sulla disponibilità di suolo per i vari usi;
- c. l'esclusione del sottomodello di trasporto, originariamente previsto come un vero e proprio modello a latere, assumendo esogenamente la matrice dei tempi di viaggio secondo il mezzo di spostamento (pubblico, privato);
- d. una diversa interpretazione delle funzioni di utilità delle famiglie secondo la quale, prescindendo dalla considerazione del vincolo di reddito familiare, le utilità delle famiglie risulterebbero, più propriamente, delle utilità potenziali.

Le modifiche formali del modello riguardano la formula - zione matematica del modello (Bertuglia et al. 1982) e le caratteristiche dimensionali degli indici del modello (soprattutto, per motivi di maneggevolezza e di interpretazione degli *output* del modello).

In particolare, la riduzione delle dimensioni ha riguardato, esclusivamente, gli indici aspatiali del modello.

4. *Le informazioni necessarie per la calibrazione*

Input del modello

Gli *input* necessari per la calibrazione del modello sono già stati illustrati alla Conferenza dell' AISRe del 1981 (cfr.: Bertuglia et al. 1981, Bertuglia et al. 1982).

In questa sede, si richiama solo lo schema riassuntivo di detti *input*, cfr.: figura 2.

Figura 2 - Schema riassuntivo degli input del modello

SUOLI	RESI	IND	TERZ	POP	AB	RESFI
SLIO(j)	I	POTO(f)	I	TERZ(j,l)	I	TPROB(f,v)
SLTO(j)	I	POTD(g)	I	TCIN(l)*	P	TETA
SLAO(j)	I	DOTO(s,i,f,j)	I	TCIN(t)*	P	T(v,i,j)
SLRO(j)	I	DOTD(s,i,g)	I	TDIN(t)*	P	K
SLIP(j)	I	PROBI(t,f)	I	OSIP(j)	K	K
SLTP(j)	I	PROBT(l,f)	K	PCI(j,t)	K	K
SLAP(j)	I		K	FOI(j,t)	0	K
SLRP(j)	I				0	K
T(v,i,j)	K				PCA(i,s)	K
FM(v)	K				PDA(i,s)	P
TETA	P					CSI
MINR	K					$\bar{U}(f)$
PR(d _p ,d _a ,j)	0					P

I input di inizializzazione

P input periodici

K input costanti

0 input non necessari per la calibrazione

Parametri della calibrazione

Nel modello si riconoscono due tipi di parametri oggetto della calibrazione:

- a. i tassi di aumento e di diminuzione delle attività (contrassegnati in figura 2 da un asterisco), relativi al comportamento dei singoli sottomodelli dal punto di vista aspaziale;
- b. i parametri TETA e CSI, relativi alla distribuzione spaziale delle famiglie (in RESFI) e delle attività.

In fase previsionale, detti parametri dovranno essere determinati per riprodurre l'evoluzione del sistema secondo scenari stabiliti, tenuto conto delle informazioni sulla sensibilità del modello rispetto agli stessi parametri, ottenuti nella calibrazione.

In fase di calibrazione, i parametri di tipo a. sono noti in quanto sono *input* di tipo periodico.

5. *La calibrazione del modello*

Introduzione

Come già illustrato in Bertuglia et al. (1981), i problemi che, dal punto di vista metodologico, si pongono nella calibrazione di un modello quale il sottomodello di localizzazione residenziale qui utilizzato, sono principalmente, due:

- a. la definizione di un "indicatore statistico significativo", cui ricorrere per misurare la bontà dell'aderenza del modello alla realtà in esame;
- b. lo sviluppo di metodi efficienti per la ricerca dei valori ottimali dei parametri del modello.

Si noti che, nel caso presente, si è di fronte ad un modello di interazione spaziale semplicemente vincolato, le cui equazioni sono "intrinsecamente non lineari"¹.

Come è noto, la stima dei parametri di dette equazioni richiede un approccio analitico diverso da quello dei metodi della statistica lineare, i quali porterebbero ad una stima non sufficientemente precisa dei parametri (cfr.: Batty e Mackie, 1972; Wilson, 1974). Infatti, utilizzando modelli urbani e regionali di interazione, si è osservato che, spesso, gli indicatori statistici, propri dei metodi di stima lineare, presentano una variazione molto lenta rispetto alla variazione dei parametri del modello; in altre parole, spesso, detti indicatori risultano relativamente insensibili alla stima dei parametri (Wilson, 1974). Generalmente, questo

problema può essere risolto utilizzando delle procedure basate sul principio della massima verosimiglianza (od anche, analogamente, utilizzando delle procedure basate sulla massimizzazione dell'entropia) (Wilson, 1970). Per ciascun parametro del modello, infatti, è possibile ottenere un'equazione di stima di massima verosimiglianza (od un'equazione di vincolo di massimizzazione dell'entropia), e questa equazione fornisce un indicatore statistico significativo della bontà dell'aderenza del modello.

L'applicazione del principio della massima verosimiglianza

La funzione di verosimiglianza L per le OB (s,i,f,j) osservazioni indipendenti è proporzionale alla distribuzione multinomiale:

$$L = \prod_{s,i,f,j} p(s,i,f,j)^{OB(s,i,f,j)} \quad (1)$$

ove

$OB(s,i,f,j)$ è la distribuzione osservata da DPOTO (s,i,f,j) famiglie con capofamiglia occupato, secondo la tipologia residenziale s , la zona di residenza i , il tipo di famiglia f , la zona di lavoro j ;

$p(s,i,f,j)$ è la probabilità di distribuzione delle famiglie con capofamiglia occupato, secondo la tipologia residenziale s , la zona di residenza i , il tipo di famiglia f e la zona di lavoro j .

Secondo il principio di massima verosimiglianza, il valore dei parametri delle $p(s,i,f,j)$ che massimizzano L (o, in termini equivalenti, $\ln L$), subordinatamente a tutti i vincoli, costituiscono le stime migliori di detti parametri².

Nel determinare i valori ottimali dei parametri delle $p(s,i,f,j)$, occorre assicurarsi che siano rispettate le seguenti condizioni di probabilità:

$$\sum_{si} p(s,i|f,j) = 1 \quad \forall f, \forall j \quad (2)$$

$$p(s,i|f,j) \geq 0 \quad \forall s, \forall i, \forall f, \forall j$$

$$\sum_{fj} p(f,j) = 1 \quad (3)$$

$$p(f,j) \geq 0 \quad \forall f, \forall j$$

ove

$$p(s,i|f,j) = QEXP(i,f,j) \cdot UEXP(s,i,f) \cdot B(f,j)$$

è la probabilità (condizionale) che una famiglia, con capofamiglia occupato, scelga un'abitazione di tipologia residenziale s , nella zona di residenza i , nell'ipotesi che essa appartenga al tipo di famiglia f e che il suo capofamiglia lavori nella zona di lavoro j ;

$$p(f,j) = Q(f,j) / \sum_{f,j} Q(f,j)$$

è la probabilità marginale che la famiglia appartenga al tipo di famiglia f e che il suo capofamiglia lavori nella zona di lavoro j .

Con gli opportuni passaggi matematici³, si ottengono le equazioni di massima verosimiglianza associate, rispettivamente, ai parametri TETA e CSI:

$$\sum_{s,i,f,j} p(s,i,f,j) \cdot \sum_v T(v,i,j) = \sum_{s,i,f,j} y(s,i,f,j) \cdot \sum_v T(v,i,j) \quad (4)$$

$$\sum_{s,i,f,j} p(s,i,f,j) \cdot [\bar{U}(f) - U(s,i,f)] = \sum_{s,i,f,j} y(s,i,f,j) \cdot [\bar{U}(f) - U(s,i,f)] \quad (5)$$

ove

$$Y(s,i,f,j) = OB(s,i,f,j) / \sum_{s,i,f,j} OB(s,i,f,j)$$

è la frequenza degli s,i,f,j eventi che sono stati osservati.

A questo punto, è interessante notare che la calibrazione di un modello, basata sul principio di massima verosimiglianza, in generale si riduce al problema della risoluzione di tante equazioni quante sono le incognite. Con ciò sembrerebbe potersi affermare che la calibrazione di un modello urbano può essere effettuata solo se si dispone di tanti indicatori statistici quanti sono i parametri da determinare (Batty e Mackie, 1972).

La soluzione delle equazioni di massima verosimiglianza

Esistono numerosi approcci numerici per risolvere le equazioni, intrinsecamente non lineari, quali la (4) e la

(5)⁴.

Uno dei metodi più utilizzati e, relativamente, più efficienti è quello di Newton-Raphson.

Si illustra brevemente il metodo di Newton-Raphson adottato nel caso del presente modello.

Le equazioni (4) e (5) possono essere riscritte come segue:

$$\min F_1(\text{TETA}, \text{CSI}) = \min |C(\text{TETA}, \text{CSI}) - C^{\text{obs}}| \quad (6)$$

$$\min F_2(\text{TETA}, \text{CSI}) = \min |\Delta U(\text{TETA}, \text{CSI}) - \Delta U^{\text{obs}}| \quad (7)$$

ove

$C(\text{TETA}, \text{CSI})$ funzione calcolata del costo medio di spostamento corrispondente alla parte sinistra della equazione (4);

C^{obs} costo medio di trasporto osservato corrispondente alla parte destra dell'equazione (4);

$\Delta U(\text{TETA}, \text{CSI})$ funzione calcolata del differenziale medio dell'utilità corrispondente alla parte sinistra dell'equazione (5);

ΔU^{obs} differenziale medio dell'utilità osservato corrispondente alla parte destra dell'equazione (5).

Il metodo di Newton-Raphson richiede dei valori iniziali dei parametri λ_1 e λ_2 . I valori ottimali dei parametri sono calcolati come segue:

$$\text{TETA} = \lambda_1^n + \varepsilon_1$$

$$\text{CSI} = \lambda_2^n + \varepsilon_2$$

ove λ_1^n e λ_2^n sono i valori dei parametri all'iterazione n.ma e ε_1 e ε_2 rappresentano le differenze tra i valori ottimali dei parametri ed i valori approssimati.

Per trovare ε_1 e ε_2 è possibile sviluppare in serie (con la formula di Taylor) le funzioni (6) e (7) intorno ai valori λ_1^n e λ_2^n , ed approssimarne i valori troncandole ai termini del primo ordine.

Sviluppando le (6) e (7) intorno a λ_1^n e λ_2^n e troncandole, si ottengono due equazioni lineari in due incognite, che possono essere risolte con metodi di soluzione standard.

In notazione matriciale, le equazioni, così ottenute, possono essere riscritte come segue:

$$- \underline{\underline{F}} = \underline{\underline{A}} \underline{\underline{\varepsilon}}, \quad (8)$$

ove, nel caso presente, \underline{F} e $\underline{\varepsilon}$ sono dei vettori colonna 1×2 , e \underline{A} è una matrice 2×2 .

Una soluzione della (8) è data da:

$$\underline{\varepsilon} = - \underline{A}^{-1} \underline{F} \quad (9)$$

I nuovi valori dei parametri sono, quindi, calcolati nel modo seguente:

$$\lambda_1^{n+1} = \lambda_1^n + \varepsilon_1 \quad (10)$$

$$\lambda_2^{n+1} = \lambda_2^n + \varepsilon_2 \quad (11)$$

I valori dei parametri, così ottenuti, sono quindi utilizzati per calcolare i nuovi valori degli ε nella (8) e le equazioni (8) - (11) sono reiterate fino a raggiungere un dato limite di convergenza.

In realtà, nel presente modello, ΔU^{obs} dipende, a sua volta, da TETA, tramite l'accessibilità (cfr.: Bertuglia et al. 1982).

E' quindi necessario definire un valore iniziale di TETA, che consenta di calcolare un ΔU^{obs} , ottenuto il quale è poi possibile applicare il metodo di Newton-Raphson.

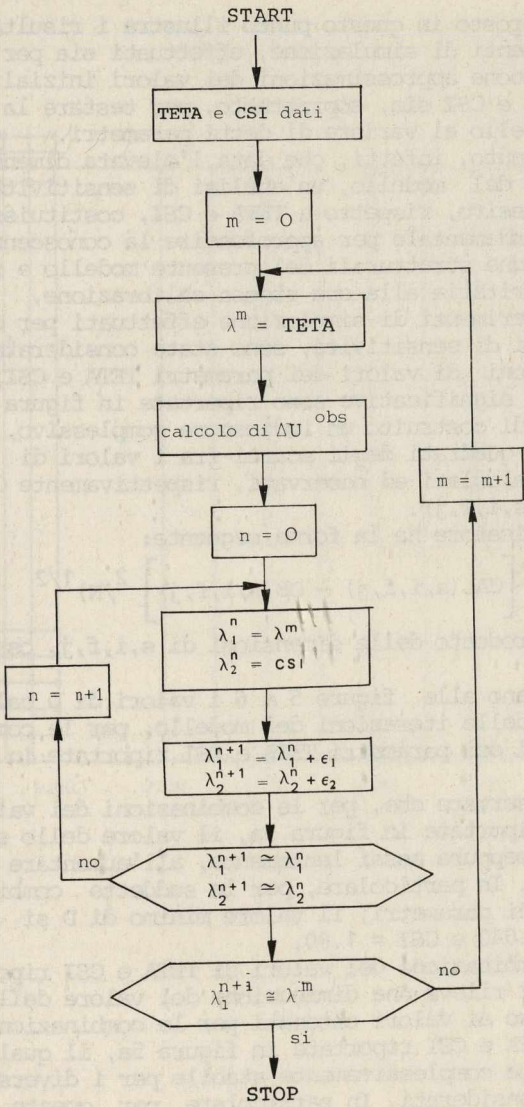
Lo schema della procedura complessiva è illustrato in figura 3.

6. Fasi della calibrazione

Prima di procedere alla calibrazione, si è ritenuto opportuno effettuare alcuni esperimenti iniziali, per particolari condizioni dei parametri del modello, al fine di verificare la congruenza logico-formale del modello complessivi. Detti esperimenti sono stati effettuati, date le seguenti condizioni dei parametri:

- a. tassi di variazione delle attività nulli e parametri TETA e CSI ininfluenti. Per questa condizione dei parametri, si è verificato che, in regime statico, il modello riproduce indefinitamente lo stato iniziale del sistema (cioè, lo stato del sistema al 1971);
- b. tassi di variazione delle attività attivati e parametri TETA e CSI ininfluenti. Per questa condizione dei parametri, si è testata, inoltre, la congruenza logico-funzionale delle interrelazioni tra i diversi sottomodelli, e si è proceduto alla determinazione di alcuni *output* del modello non spazialmente disaggregati (cfr.: Bertuglia et

Figura 3 - Schema della procedura iterativa utilizzata per la calibrasione di TETA e CSI



al. 1982).

7. *Alcuni risultati di un'analisi di sensitività preliminare alla calibrazione*

Quanto esposto in questo punto illustra i risultati di alcuni esperimenti di simulazione, effettuati sia per determinare delle buone approssimazioni dei valori iniziali dei parametri TETA e CSI sia, soprattutto, per testare la sensitività del modello al variare di detti parametri.

Si è ritenuto, infatti, che data l'elevata dimensione delle variabili del modello, un'analisi di sensitività del modello complessivo, rispetto a TETA e CSI, costituisse un'operazione fondamentale per approfondire la conoscenza delle caratteristiche strutturali del presente modello e fosse, quindi, prioritaria alla sua stessa calibrazione.

Negli esperimenti di simulazione effettuati per condurre detta analisi di sensitività, sono state considerate diverse combinazioni di valori dei parametri TETA e CSI, fra le quali le più significative sono riportate in figura 4.

Si è quindi costruito un indicatore complessivo, D , della somma dei quadrati degli scarti fra i valori di $DPOTO(s, i, f, j)$, calcolati ed osservati, rispettivamente $CAL(s, i, f, j)$ e $OB(s, i, f, j)$.

Detto indicatore ha la forma seguente:

$$D = \left(\sum_{s, i, f, j} [CAL(s, i, f, j) - OB(s, i, f, j)]^2 / N \right)^{1/2} \quad (12)$$

ove N è il prodotto delle dimensioni di s, i, f, j , ossia $6 \times 99 \times 8 \times 99$.

Si riportano alle figure 5 e 6 i valori di D calcolati in ciascuna delle iterazioni del modello, per le combinazioni dei valori dei parametri TETA e CSI riportate in figura 4.

Si può osservare che, per le combinazioni dei valori di TETA e CSI riportate in figura 5a, il valore dello scarto D diminuisce, seppure assai lentamente, all'aumentare del valore di TETA. In particolare, per le suddette combinazioni dei valori dei parametri, il valore minimo di D si ottiene per $TETA = 0.040$ e $CSI = 1.00$.

Per le combinazioni dei valori di TETA e CSI riportate in figura 5b, si rileva una diminuzione del valore dello scarto D , rispetto ai valori ottenuti per le combinazioni dei valori di TETA e CSI riportate in figura 5a, il quale, tuttavia, rimane complessivamente stabile per i diversi valori di TETA considerati. In particolare, per queste combina

Figura 4 - Valori più significativi dei parametri TETA e CSI considerati nell'analisi di sensitività

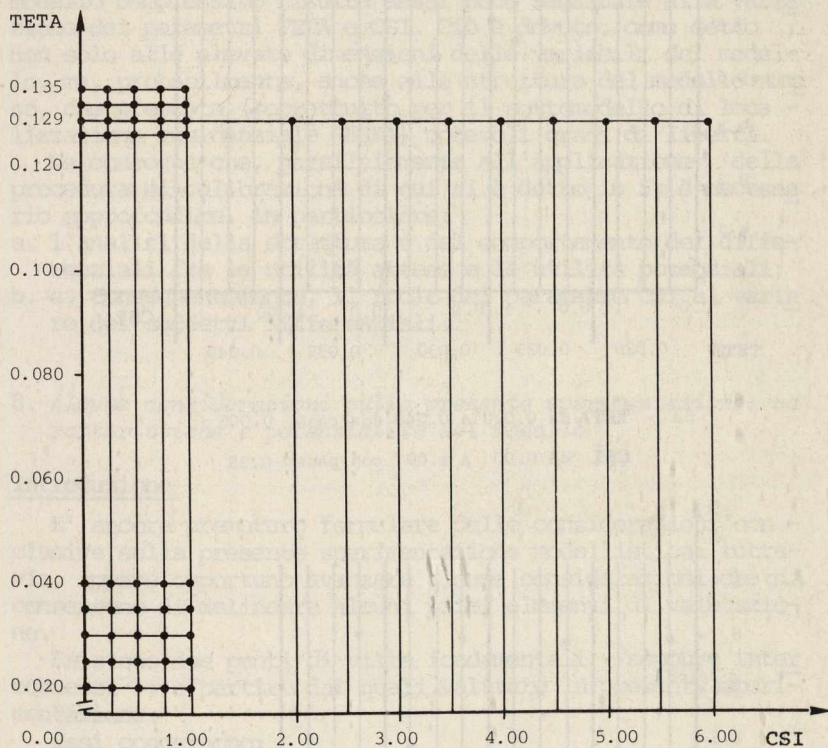
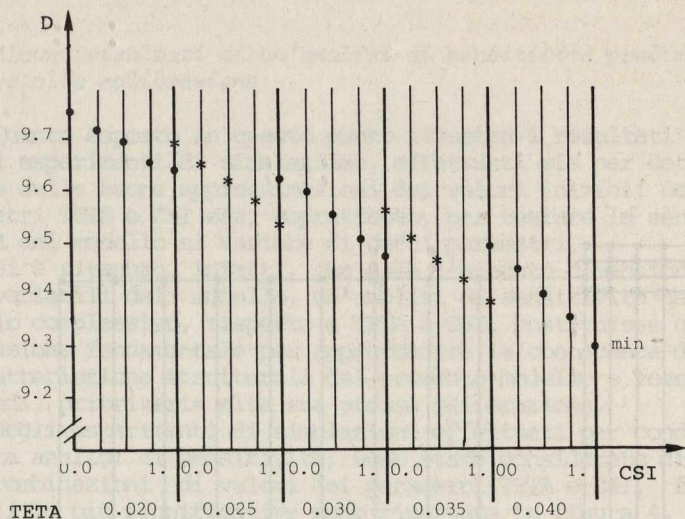
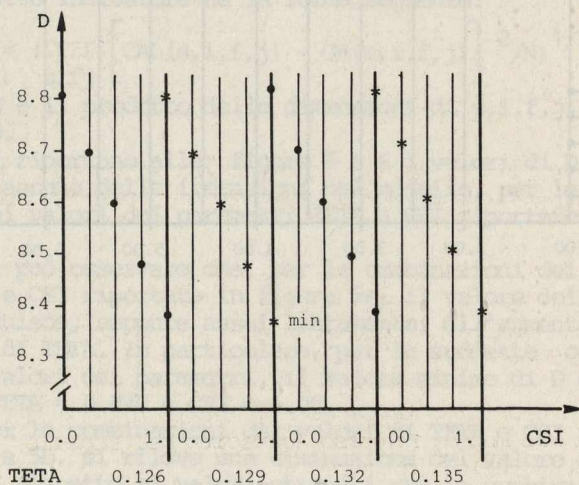


Figura 5 - Valori di D per le combinazioni di TETA e CSI riportate



5a - TETA da 0.020 a 0.040 con passo 0.005

CSI da 0.00 a 1.00 con passo 0.25



5b - TETA da 0.126 a 0.135 con passo 0.003

CSI da 0.00 a 1.00 con passo 0.25

zioni dei valori dei parametri, il valore minimo di D si ottiene per $TETA = 0.129$ e $CSI = 1.00$.

Per le combinazioni dei valori di TETA e CSI riportate in figura 6, si può osservare una ulteriore diminuzione - seppure assai contenuta - del valore dello scarto D. Ciò si verifica per $TETA = 0.129$ e $CSI = 5.00$.

Complessivamente, dall'analisi suddetta, si trae che il modello complessivo risulta assai poco sensibile alla variazione dei parametri TETA e CSI. Ciò è dovuto, come detto , non solo alle elevate dimensioni delle variabili del modello, ma, probabilmente, anche alla struttura del modello stesso, che presenta (soprattutto per il sottomodulo di localizzazione residenziale RESFT) notevoli gradi di libertà.

Ne consegue che, parallelamente all'applicazione della procedura di calibrazione di cui si è detto in 5, è necessario approfondire, in particolare:

- a. l'analisi della struttura e del comportamento dei differenziali fra le utilità attese e le utilità potenziali;
- b. e, conseguentemente, il ruolo del parametro CSI al variare dei suddetti differenziali.

8. *Alcune considerazioni sulla presente sperimentazione: caratteristiche e potenzialità del modello*

Introduzione

E' ancora prematuro formulare delle considerazioni conclusive sulla presente sperimentazione modellistica: tuttavia, appare opportuno avanzare alcune considerazioni che già consentono di delineare alcuni primi elementi di valutazione.

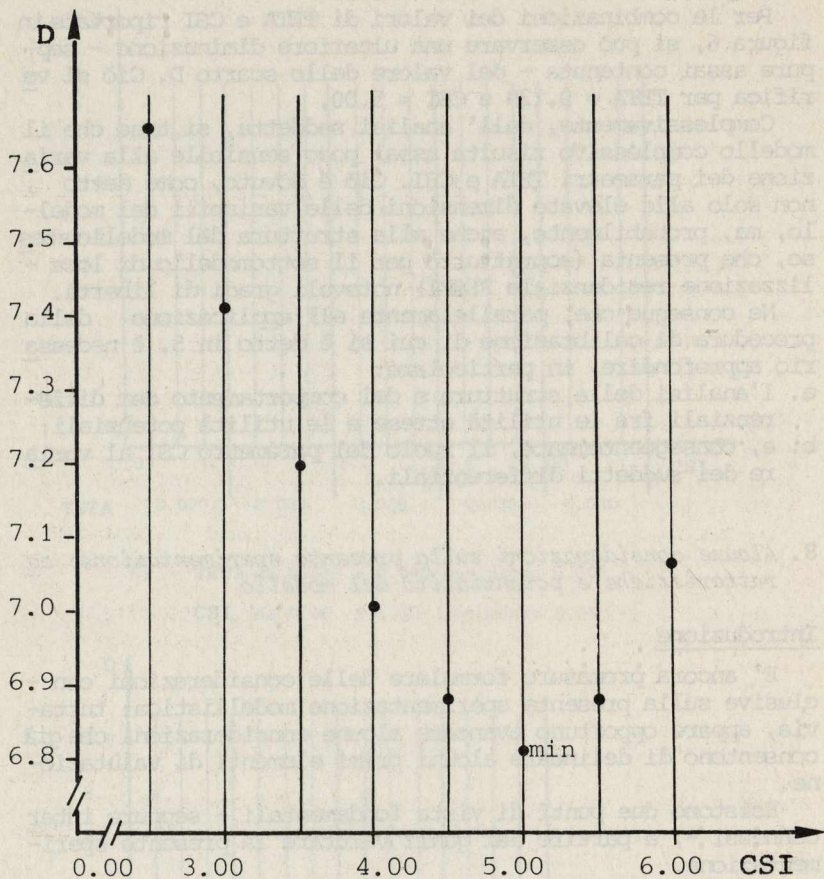
Esistono due punti di vista fondamentali - seppure interconnessi -, a partire dai quali valutare la presente sperimentazione.

Essi concernono:

- a. l'aspetto "tecnico-operativo", legato alla capacità del modello di rispondere agli obiettivi che ne hanno motivato la costruzione (rispondenza ed efficacia del modello, in quanto modello di simulazione di politiche urbane; potenzialità e costo dello strumento modellistico);
- b. l'aspetto "teorico-metodologico", legato alla struttura intrinseca del modello stesso (capacità del modello di descrivere la realtà in esame).

Per quanto riguarda il primo aspetto, quello tecnico-operativo, non è possibile in questa sede (essendo l'applicazione del modello tuttora in corso), andare oltre a quanto

Figura 6 - Valori di D per le combinazioni di TETA e CSI riportate.



TETA = 0.129

CSI da 2.50 a 6.00 con passo 0.50

già esposto in 7.

Per quanto riguarda il secondo aspetto, quello teorico - metodologico, è invece possibile avanzare alcune considerazioni sui limiti e sulle potenzialità di sviluppo del modello in oggetto, alla luce anche dei recenti sviluppi nel campo della dinamica dei sistemi.

Caratteristiche strutturali del modello: limiti e potenzialità

Come è noto (Bertuglia et al. 1980), il presente modello è caratterizzato dall'essere:

- a. un modello a larga scala, spazialmente disaggregato, i cui fondamenti teorici sono: per gli aspetti socioeconomici, lo schema causale di Lowry (Lowry, 1964); per gli aspetti spaziali, l'approccio di interazione spaziale (massimizzazione dell'entropia) (Wilson, 1970);
- b. un modello di simulazione - quasi dinamico -, i cui aspetti formali si rifanno alla formalizzazione matematica forresteriana (Forrester, 1969).

Vediamo ora, in modo sintetico, quali sono i principali limiti e potenzialità associati alle caratteristiche suddette.

In quanto modello a larga scala, spazialmente disaggregato, esso permette di descrivere l'evoluzione socioeconomica e le interazioni spaziali di un sistema urbano, ad un livello di articolazione spaziale relativamente elevato. Il modello consente, quindi, di determinare gli effetti dello sviluppo (e contenimento) delle diverse attività (e della loro distribuzione), sulle altre attività (e sulla loro distribuzione) e di evidenziare così il ruolo dello spazio (ed anche le sue inerzie) nella determinazione degli effetti suddetti.

Ciò costituisce, dal punto di vista teorico, un'indubbia potenzialità del modello, per quanto questa vada scontata, dal punto di vista operativo, dell'onere necessario per la predisposizione delle informazioni e per la messa a punto e gestione dello strumento modellistico (un bilancio conclusivo di questo aspetto richiede, naturalmente, che si concluda la sperimentazione).

In quanto modello di simulazione, esso consente di simulare il comportamento del sistema urbano in oggetto attraverso l'applicazione ripetuta delle sue equazioni. Pur essendo, dal punto di vista strettamente matematico, una procedura per derivare il comportamento di un sistema non modellizzabile con un approccio analitico diretto, la simula-

zione rappresenta una caratteristica essenziale del presente modello. Infatti, l'introduzione della dimensione temporale - elemento basilare della procedura di simulazione - consente di riconoscere le relazioni di *feed-back* tra i diversi sottosistemi (cfr.: figura 1) e di introdurre la modellizzazione dei fenomeni di "ritardo" (per quanto questi fenomeni siano solo implicitamente trattati nel presente modello, cfr.: sottomodelli di uso del suolo).

Pur con le potenzialità offerte dalla simulazione, il modello è, tuttavia, solo parzialmente dinamico. Di fatto, la struttura stessa del modello non consente un'analisi esplicita del comportamento del sistema nel tempo, ma rimane ancorata ad un approccio di statica comparata.

Quanto ora detto, se costituisce uno dei maggiori limiti del presente modello, allo stesso tempo indica una delle direzioni da seguire per il suo sviluppo.

Potenzialità di sviluppo del modello

Esiste tutt'oggi - nel campo della ricerca urbana e regionale (e, in particolare, nella geografia) - un interesse crescente verso un approccio dinamico all'analisi dei sistemi socioeconomici e spaziali, motivato dall'esigenza, non solo, di approfondire la conoscenza del comportamento nel tempo di detti sistemi, ma anche di individuarne le caratteristiche strutturali emergenti (cfr., per esempio : Beaumont, 1982 ; Carlstein, Parkes, Thrift, 1978; Martin , Thrift, Bennett, 1978).

In termini generali, le caratteristiche essenziali di detto approccio possono essere riassunte come segue:

- a. lo studio del comportamento del sistema (nel tempo), ossia l'analisi del modo in cui avvengono i cambiamenti di configurazioni del sistema;
- b. e, in particolare, lo studio della stabilità (strutturale) del sistema, ossia l'analisi degli effetti sulle soluzioni di equilibrio (stazionario) del sistema, prodotti dalla variazione dei suoi parametri (cfr., per esempio: Puu, 1979; Wilson 1981).

Quanto appena accennato spiega l'importanza, per il presente modello, di un suo completo sviluppo in termini dinamici. Si noti peraltro, che, già in un precedente lavoro (Bertuglia et al. 1980), era stata introdotta un'analisi dinamica di una versione semplificata del sottomodello di localizzazione residenziale. In questa sede, si vuole fare un passo avanti nella detta direzione, indicando uno dei possibili sviluppi del modello complessivo.

In termini equivalenti le (15) assumono la forma:

$$\begin{vmatrix} \dot{Y}_1 \\ \dot{Y}_2 \\ \vdots \\ \dot{Y}_m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} K_{11}-d & k_{12} & \dots & k_{1m} \\ k_{21} & K_{22}-d & \dots & k_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{m1} & K_{m2} & \dots & K_{mm}-d \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_m \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_m \end{vmatrix} \quad (16)$$

ove

$$k_{ji} = a_{ji} \quad \forall i.$$

Le (16) costituiscono un sistema di equazioni differenziali simultanee di tipo lineare che può essere risolto con relativa semplicità. Le (16) esprimono sostanzialmente che lo sviluppo zonale di un settore è funzione della differenza tra il suo tasso di crescita zonale ed il suo tasso di diminuzione, nonché del tasso di crescita in tutte le altre zone più una certa costante.

Il passo successivo nello sviluppo delle (16) è quello di introdurre, esplicitamente, le relazioni di *feed-back* (nonché le interrelazioni con le altre variabili del modello). Ciò significa, per esempio, riconoscere, in primo luogo, che $b(j)$ (fattore di attrazione zonale) non è un parametro costante - come di fatto è nel presente modello per l'intervallo di integrazione $t, t+h$ -, bensì è una funzione di altre variabili. Ad esempio:

$$b(j) = f \left[S(j), TETA, T(i,j,v), Y(j) \right], \quad (17)$$

ove

$S(j)$ è una misura delle disponibilità di suolo nella zona j

$TETA, T(i,j,v)$ e $Y(j)$ hanno il significato precedentemente introdotto.

Quanto sopra detto comporta, naturalmente, una diversa formulazione - nel discreto e nel continuo - delle equazioni del modello (che risulteranno caratterizzate da non linearità), con riferimento alla quale un metodo risolutivo potrebbe essere quello di Runge - Kutta (cfr.: Braun, 1978).

Una direzione da seguire, che potrebbe fornire elementi fondamentali per lo sviluppo del presente modello, è in-

dubbiamente quella indicata da Wilson (1981) con la formulazione delle "equazioni logistiche della crescita di specie interagenti".

Bibliografia

- Batty M. (1976), *Urban modelling. Algorithms, calibrations, predictions.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Batty M., Mackie S. (1972) *The calibration of gravity, entropy and related models of spatial interaction*, *Environment and Planning* 4: 205-233.
- Beaumont J.R. (1982), *Towards a conceptualization of evolution in environmental systems*, *Man-Machine Studies* 16 : 113-145.
- Bertuglia C.S., Gallino T., Gualco I, Occelli S., Rabino G.A., Salomone C., Tadei R. (1982), *Alcuni aspetti della calibrazione di un modello dinamico spazializzato: il caso del modello dell'area metropolitana torinese*, *Atti delle Giornate di Lavoro AIRO*, Como: 200-248.
- Bertuglia C.S., Gallino T., Occelli S., Rabino G.A., Salomone C., Tadei R. (1981), *La calibrazione di un modello a larga scala per l'area metropolitana di Torino*, W.P. 9, IRES, Torino (comunicazione presentata alla II^a Conferenza Italiana di Scienze Regionali, Napoli, 19-21 ottobre, 1981).
- Bertuglia C.S., Occelli S., Rabino G.A., Tadei R. (1980), *A model of urban structure and development of Turin: theoretical aspects*, *Sistemi Urbani* 2 : 59-90.
- Box M.J., Davies D., Swann W.H. (1969), *Non linear optimization techniques*, Edinburgh: ICI Monograph 5, Oliver and Boyd.
- Braun M. (1978), *Differential equations and their applications. An introduction to applied mathematics*, New York : Springer-Verlag.
- Carlstein R., Parkes D., Thrift N.J., Eds. (1978), *Timing space and spacing time*, London : Arnold.
- Draper N.R., Smith H. (1966), *Applied regression analysis*, New York: Wiley.
- Forrester J.W. (1969), *Urban dynamics*, Cambridge, Mas.: MIT Press.
- Lowry I.S. (1964), *A model of a metropolis*, Santa Monica, California: Rand Corporation.
- Martin R.L., Thrift N.J., Bennett R.J. Eds. (1978), *Towards the dynamic analysis of spatial systems*, London: Pion.
- Puu T. (1979), *Regional modelling and structural stability*, *Environment and Planning A* 11 : 1431-1438.
- Wilson A.G. (1970), *Entropy in urban and regional modelling*, London: Pion.
- Wilson A.G. (1974), *Urban and regional models in geography and planning*, London: Wiley.
- Wilson A.G. (1981) *Catastrophe theory and bifurcation with applications in urban geography*, London: Croom Helm.
- Wilson A.G., Coelho J.D., Macgill S.M., Williams H.C.W.L. (1981), *Optimization in locational and transport analysis*, London: Wiley.

1. Si ricorda che detto modello, derivato dal principio di massimizzazione dell'entropia, è contenuto nel sottomodello residenziale RES-FI. Si precisa, inoltre, che per modello "intrinsecamente non lineare" si intende un modello che non può essere linearizzato mediante trasformazioni, generalmente logaritmiche (per una discussione di questi aspetti, cfr.: Draper e Smith 1966).
2. Si noti che, per ciascun parametro del modello, la procedura genera una equazione che deve essere risolta secondo quel parametro. L'equazione, così ottenuta, corrisponde all'equazione di vincolo che verrebbe utilizzata per generare lo stesso modello come modello di massimizzazione dell'entropia, ed il parametro equivalente è il moltiplicatore di Lagrange associato al vincolo (Wilson 1974).
3. Per ovvie ragioni di spazio, si tralasciano in questa sede tutti i passaggi matematici necessari alla soluzione del Lagrangiano costruito dalle (1), (2), (3). Un esempio d'applicazione del principio di massima verosimiglianza ad un modello di interazione spaziale semplicemente vincolato, con due parametri incogniti, è contenuto in Batty e Mackie (1972) ed in Batty (1976).
4. Ad esempio, Batty (1976) distingue tra "metodi numerici" (quali, ad esempio, quelli basati su procedure iterative o sul metodo Newton-Raphson) e "procedure di ricerca", che trattano essenzialmente problemi di ottimizzazione non vincolata (quali, generalmente, sono i problemi di calibrazione). In particolare, dette procedure di ricerca determinano una direzione di ricerca lungo la quale si presume e sista l'ottimo della funzione obiettivo, attraverso la valutazione della funzione stessa (procedure di ricerca diretta) (Box, Davis, Swann 1969), od attraverso la valutazione delle sue derivate (procedure di ricerca a gradiente (Wilson et al. 1981)).

ANALISI DELLE DIFFERENZIAZIONI TERRITORIALI A SCALA REGIONALE

di Giovanni Simonelli *

Sommario

Il lavoro affronta il tema dell'analisi puntuale e sistematica degli elementi che differenziano l'assetto e lo sviluppo socio-economico di aree territoriali sub-regionali. Esso trae spunto dalla constatazione, esposta nell'Introduzione, che in Italia ed in particolare nel Mezzogiorno, per spiegare differenze tra aree distanti solo pochi chilometri, è necessario considerare anche fattori storici, culturali, ambientali, fisici, amministrativi e politici, accanto ai temi delle teorie della localizzazione delle attività economiche. Nel Capitolo 2 gli obiettivi del lavoro sono confrontati criticamente con gli approcci statistico - geografico, economico - funzionale e pianificatorio - urbanistico. Nel Capitolo 3 viene effettuata una applicazione alla Regione Abruzzo, attraverso: 1) il confronto di indicatori, calcolati per ambiti territoriali contrapposti, relativi a tutte le Regioni del Mezzogiorno; 2) l'analisi qualitativa dei trend storico - economici ed insediativi; 3) la localizzazione delle aree integrate rispetto ai poli di servizio e di sviluppo; 4) la rappresentazione, con le curve di Lorenz, della capacità discriminante di indicatori rilevabili a livello comunale; 5) l'analisi dei rapporti spaziali intercomunali; 6) la ricerca di una metodologia ricorsiva per un progressivo affinamento dello studio.

1. Introduzione

Il concetto di "differenziazione territoriale" è implicito in tutti gli studi di economia regionale. Nel presente lavoro esso, tuttavia, non è solo un presupposto disciplinare ma un obiettivo, nel senso che ci si propone di precisarne

* Cassa per il Mezzogiorno - Piazza Kennedy, 20 - 00144 Roma
Via Macrobio, 9 - 00136 Roma

la definizione e di mettere a punto le relative metodologie applicative.

L'Italia ed in particolare il Mezzogiorno sono stati caratterizzati da dinamiche di sviluppo che hanno notevolmente differenziato centri ed aree per quanto riguarda gli insediamenti residenziali, la produzione, gli investimenti, il progresso tecnologico, l'accesso a servizi pubblici e privati ed il potere di condizionare le decisioni pubbliche di investimento.

Tali processi, sotto un profilo teorico, avrebbero potuto anche portare ad una utilizzazione delle risorse territoriali migliore, in quanto legata a specifiche suscettività. Nel caso italiano, tuttavia, è ormai generalmente riconosciuto che essi sono stati spesso negativi, sia in termini di giustizia sociale, sia per quanto riguarda l'uso ottimale delle risorse.

Per tale motivo si richiedono misure pubbliche di "riequilibrio territoriale" che presuppongono una conoscenza accurata delle situazioni e dei fenomeni in atto.

Le politiche regionali finora adottate hanno per lo più riguardato grandi regioni economiche nel loro complesso (per esempio il Mezzogiorno d'Italia, il Nord della Scozia, la valle del Tennessee e la regione degli Appalachi negli Stati Uniti), richiedendo o suggerendo studi a livello aggregato, fondati per lo più sull'analisi di variabili socio-economiche mediate su vaste aree.

Inoltre, sia per il carattere generale degli studi, sia per l'influenza di teorie derivate da regioni del Nord America e del Nord Europa, gli elementi presi in considerazione sono stati le pre-esistenze localizzative, i costi di trasporto, la localizzazione delle materie prime, la domanda e l'estensione dei mercati, le economie di scala, gli scambi di prodotti industriali, l'evoluzione e gli spostamenti della popolazione, i comportamenti aggregati dei produttori e dei consumatori e, più recentemente, la diffusione delle informazioni ed i modelli di organizzazione industriale decentrata.

Nel caso italiano, ed in particolare del Mezzogiorno, anche per spiegare fenomeni di una certa consistenza territoriale, è necessaria una analisi più dettagliata e si richiede la considerazione di ulteriori elementi per spiegare differenze riscontrabili tra aree lontane a volte solo pochi chilometri.

Tali elementi possono essere individuati in fattori storici, culturali, ambientali, fisici, amministrativi e politici, e la loro considerazione può assicurare un adeguato supporto ad una pianificazione decentrata che ormai è rico-

nosciuta come indispensabile per promuovere processi di sviluppo endogeno e per assicurare una reale crescita socio-economica anche alle aree più deboli.

Nel Mezzogiorno d'Italia si può rilevare in particolare -

- una netta contrapposizione tra aree rurali in abbandono, oggetto di politiche prevalentemente assistenziali, ed aree urbane demograficamente e strutturalmente congestionate;
- profonde differenziazioni nelle dinamiche di sviluppo causate in parte da fattori fisici e morfologici (montuosità, differenti risorse, ecc.), ma soprattutto dalle politiche per "poli di sviluppo" che hanno portato alla concentrazione di investimenti ed interessi in aree particolari;
- un peso dei flussi finanziari esterni sia pubblici (investimenti agevolati e trasferimenti passivi), che privati (rimesse, ritorno temporaneo o definitivo di emigrati), notevole rispetto al prodotto regionale interno.

Per tali motivi già da tempo è stata posta l'attenzione sul problema delle differenziazioni territoriali a scala subregionale, in particolare in relazione al problema delle cosiddette "aree interne" del Mezzogiorno. Studi in proposito sono stati realizzati dal FORMEZ, dalla Cassa per il Mezzogiorno, dal CRESA e dall'IBRES e da numerosi autori (per una rassegna bibliografica cfr. per esempio (Casméz, 1981). Esempi di lavori redatti almeno in parte con finalità di affinamento metodologico sono costituiti da: Censis, 1982; Bel lacicco, 1982; Simonelli, 1982; Bianchi ed al.

2. Considerazioni metodologico-critiche

In questa sezione ci si propone di esaminare, sotto il profilo logico e metodologico, come sia possibile utilizzare, ai fini del nostro studio, teorie ed esperienze ricavabili dal complesso delle scienze regionali ed urbane. A tale scopo ci si riferirà ai tre approcci fondamentali che denomineremo rispettivamente "statistico-geografico", "economico-funzionale" e "pianificatorio-urbanistico".

Il primo approccio consiste nella estrazione di indici e relazioni statisticamente significative da tutto il complesso di dati relativi alle variabili territoriali. Ciò comporta ad esempio l'analisi dei valori medi, delle situazioni-limite, nei casi più semplici; l'applicazione di tecniche di regressione, di analisi delle componenti principali e di *clustering*, nei casi più complessi. Se tra i dati si considerano anche i vincoli relativi ad una struttura spaziale

disaggregata, tale approccio porta ad applicazioni molto complesse e non si ha conoscenza di lavori in cui si sia potuto pervenire ad applicazioni pratiche.

Per tale motivo le analisi statistico-geografiche appaiono più adatte a descrivere la realtà territoriale che ad interpretarla complessivamente. Inoltre i criteri con i quali i dati vengono scelti e sintetizzati finiscono spesso per essere soggettivi, soprattutto perchè si devono elaborare enormi quantità di informazioni.

Il secondo approccio - quello "economico-funzionale" - si propone di individuare modelli interpretativi delle caratteristiche spaziali, prendendo in considerazione in genere solo una parte delle variabili territoriali. Ogni modello ha un suo ambito territoriale di applicazione che può essere definito con confini fisici (come nel caso dei modelli di interrelazione *input-output* che interessano particolari aree industriali) o lato, cioè attraverso relazioni che decrescono con la distanza (come nel caso dei modelli gravitazionali di attrazione urbana della domanda di servizi). Questo approccio è soprattutto seguito negli studi teorici e spesso, nelle applicazioni, si trascura il fatto che nelle aree in esame agiscono contemporaneamente più schemi di interrelazione che si sovrappongono e combinano, con effetti difficilmente studiabili anche utilizzando strumenti di analisi dei sistemi.

Il terzo approccio, che denominiamo "urbanistico-pianificatorio", è quello tradizionalmente applicato dai pianificatori italiani. Esso presuppone una delimitazione preliminare dell'area territoriale, in genere legata ad esigenze di regolamentazione "urbanistica" dell'uso del territorio o alla programmazione della spesa di enti pubblici territoriali o alla progettazione di servizi collettivi.

Nell'approccio "urbanistico-pianificatorio" l'attenzione viene concentrata sull'area in esame e si tende ad ignorare sia le interazioni con l'esterno, sia gli aspetti dinamico-interpretativi.

Ciò premesso si potrebbe pensare, in linea teorica, che l'analisi delle differenziazioni territoriali possa essere effettuata combinando i tre approcci menzionati, che corrispondono a tre successivi livelli di approfondimento del problema, e che quindi si potrebbe seguire il seguente programma:

1. prima analisi statistico geografica dei dati territoriali;
2. messa a punto di modelli parziali di interazioni spaziali, ciascuno esplicativo di particolari interrelazioni (*input-output*, gerarchie urbane, mercato del lavoro, ecc).

3. individuazione di "aree operative" sulle quali realizzare modelli disaggregati di pianificazione territoriale e di valutazione degli investimenti.

Tale processo potrebbe portare ad una conoscenza esauriente del sistema territoriale, ma la sua semplicità applicativa è soltanto apparente. In ogni fase, infatti, non è possibile prescindere da considerazioni ed elaborazioni proprie anche delle altre due: nella prima, per semplificare la formulazione matematico-statistica del problema, e per scartare a ragion veduta i fattori e le interrelazioni meno significative; nella seconda, per concentrare l'attenzione sugli effetti di sovrapposizione sullo stesso territorio dei diversi modelli interpretativi; nella terza, per evitare esercitazioni superficiali od utopistiche.

In pratica riesce quasi impossibile tracciare a priori un programma di analisi di una struttura territoriale ai fini di evidenziarne le differenziazioni interne e le loro dinamiche, prescindendo da una considerazione diretta, via via più approfondita, del sistema territoriale e delle informazioni disponibili o da ricercare. Nel seguito del presente lavoro, pur tenendo presente i diversi approcci metodologici, si è cercato soprattutto di acquisire pragmaticamente elementi la cui utilità si manifestava approfondendo la conoscenza della realtà.

L'approccio empirico adottato ha il vantaggio di consentire lo spostamento del livello di aggregazione territoriale dell'analisi senza particolari vincoli organizzativi e metodologici e permette di considerare anche elementi non facilmente quantificabili (fattori ambientali, storici, politici, sociologici ed istituzionali) che possono essere introdotti per spiegare comportamenti differenziati in situazioni che risultano invece analoghe rispetto a elementi più facilmente quantificabili (fattori demografici, occupazionali, spaziali, fisici).

3. *Una analisi delle differenziazioni territoriali nella Regione Abruzzo*

Confronti tra le Regioni del Mezzogiorno

La Tabella 1 permette di collocare in prima approssimazione il problema delle differenziazioni territoriali in - terne all'Abruzzo rispetto alle altre Regioni del Mezzogiorno.

Gli indicatori calcolati sono i seguenti:

1. % di area montana nella Regione in base alla legge 1102/

Tabella 1 - Indicatori di differenziazioni territoriali interne alle Regioni del Mezzogiorno

Indicatore	Regione							
	Abruz- zo	Moli- se	Campa- nia	Puglia	Basi- licata	Cala- bria	Sici- lia	Sardegna
1-%area montana:	74,6	78,1	56,5	24,5	71,3	66,7	40,4	74,4
2 - densità ab./Km ² :	112,6	73,2	397,8	199,0	60,4	134,6	189,2	65,8
n.comuni :								
3-50/100 mila ab.:	3	0	13	9	2	2	7	0
4-100/300 mila ab.:	1	0	2	2	0	3	2	2
5-300/600 mila ab.:	0	0	0	1	0	0	1	0
6-più di 600 mila:	0	0	1	0	0	0	1	0
7-% pop. in c. 50 mila:	24,8	0	42,1	36,2	19,3	24,6	39,1	22,1
8-% pop. var.<0% :	23,9	27,8	5,3	0	66,6	27,8	3,9	0
9-% pop. var.>6% :	23,5	0	68,3	82,4	0	36,2	28,6	85,7
10 - min. ind. cons.:	61,1	44,8	39,3	61,8	33,0	35,3	38,4	39,3
11 - max. ind. cons. :	90,7	63,5	81,1	88,1	80,0	69,4	93,4	82,8
12-% com. inv.i.=0:	36	49	38	16	35	48	32	58
13-% com. i.i.>media:	14	12	11	4	8	14	10	5
14 - inv. i. /ab. res. :	1,204	0,904	0,894	1,608	0,900	0,345	0,678	1,922

- 1971;
2. densità di popolazione al 1981 (abitanti per kmq);
 - 3., 4., 5. e 6. numero comuni rispettivamente tra 50.000 e 100.000, 100.000 e 300.000, 300.000 e 600.000, e con più di 600.000 abitanti residenti al 1981;
 7. % di abitanti in comuni con più di 50.000 abitanti al 1981;
 - 8., 9. % di popolazione in provincie con variazioni della popolazione residente tra il 1971 e il 1981 rispettivamente minore dello 0% e maggiore del 6%.
 - 10., 11. minimo e massimo indice generico di consumo per le aree socio - economiche della Regione, secondo gli studi dell'U.I.C.C. (1975);
 - 12., 13. % di comuni nella Regione nei quali sono stati effettuati dal 1970 al 1980 investimenti industriali con contributo pubblico uguale a zero (indicatore n. 12) o maggiore della media (indicatore n. 13);
 14. media per abitante residente al 1981 degli investimenti industriali effettuati con contributi pubblici tra il 1970 ed il 1980 (milioni di lire).

I dati sulla popolazione sono quelli dei censimenti ISTAT per il 1981 (ancora provvisori). I dati sugli investimenti industriali sono della Cassa per il Mezzogiorno.

La Tabella 1 permette di classificare l'Abruzzo, rispetto alle altre Regioni del Mezzogiorno ed alla incidenza dei fattori discriminanti il territorio. Gli indicatori relativi all'Abruzzo hanno un valore:

- alto, per quanto riguarda la montuosità, la concentrazione della popolazione in aree particolari, il livello dei redditi;
- medio, per la densità di popolazione, il grado di urbanizzazione, il tasso di incremento demografico, l'assenza di investimenti industriali incentivati in ampie zone della Regione e l'ammontare della loro quota pro-capite;
- basso, per i differenziali di reddito tra zone diverse ed il grado di concentrazione territoriale degli investimenti industriali.

Trend storico-economici

Per spiegare le dinamiche territoriali di medio periodo è necessario tener conto degli elementi che sono appresso indicati, approssimativamente in ordine cronologico (cfr. Paciet al., 1964; Svimez, 1974; Ranieri, 1974; Cresa, 1974 e 1978; Casmez, 1981; Nuovo Mezzogiorno, 1981). Essi hanno interessato in modo diverso le aree della Regione causando direttamente o indirettamente cambiamenti e/o squilibri.

- Progressiva caduta della transumanza ovina, fiorente nel 1920, declinante negli anni '30, e cessata nel secondo dopoguerra. Essa è stata causata dalla messa a coltura invernale dei pascoli pugliesi ed ha provocato in Abruzzo il declino di numerosi centri montani spingendo la popolazione ad emigrare, in genere fuori della Regione.
- Progressivo sviluppo delle comunicazioni lungo le coste a scapito dei traffici interni interessanti le aree di L'Aquila, Avezzano, Sulmona e Castel di Sangro.
- Utilizzazione industriale delle risorse idroelettriche dei fiumi Vomano, Sangro-Aventino e soprattutto del Pescara.
- Sfruttamento delle risorse minerarie (bauxite, gesso, cemento, bitumi e asfalti).
- Sviluppo degli investimenti industriali di piccola e media dimensione nella fascia litoranea a nord di Pescara, dovuta agli incentivi pubblici ed alla posizione favorevole (la più a nord possibile).
- Realizzazione di alcuni grandi impianti industriali nell'area di Avezzano (zuccherificio e cartiera) e nella media valle del Pescara (cementificio).
- Sviluppo del turismo costiero, in conseguenza della progressiva saturazione delle spiagge romagnole e marchigiane.
- Sviluppo dell'edilizia lungo le coste.
- Scoperta di giacimenti di metano nella zona di Vasto-San Salvo.
- Interventi pubblici in aree particolari finanziati con le leggi per il Mezzogiorno (aree e nuclei di industrializzazione di Chieti-Pescara, Avezzano, Sulmona, Vasto-San Salvo, L'Aquila, Casoli-Atessa; irrigazione nelle basse valli dei fiumi, nella conca di Sulmona e nell'alveo del Fucino).
- Realizzazione di alcuni collegamenti interni veloci (autostrada Roma - L'Aquila - Avezzano - Pescara e L'Aquila - Teramo, strade a scorrimento veloce Sora - Avezzano, Guardiagrele - Chieti, fondo valli Trigno e Sangro).
- Graduale sviluppo del turismo montano.
- Attuazione di politiche di sostegno dei redditi nelle aree interne (realizzazione di infrastrutture civili minori - cosiddetti interventi A.P.D. -, pensioni, ecc.).
- Effetti causati dall'emigrazione degli anni precedenti (rimesse degli emigrati, ritorno stagionale o definitivo di emigrati).
- Situazioni congiunturali nazionali ed internazionali meno favorevoli all'emigrazione.
- Accenni di politiche di sviluppo anche a favore delle a-

ree interne montane (Progetto speciale per il Mezzogiorno interno valorizzazione dei pascoli montani, valorizzazione turistica montana, attrezzatura di aree comunali per l'artigianato e la piccola industria, costituzione di cooperative agricole di produzione nelle aree interne; Progetti regionali per lo sviluppo della Val Vomano e della Val di Sangro).

Aree integrate

Un successivo livello di approfondimento dell'analisi delle differenziazioni territoriali comporta lo studio delle "aree integrate" interne alla Regione. Con tale termine intendiamo quelle aree che sono dipendenti per servizi, espese anche per la localizzazione delle unità produttive, dagli urbani o "di sviluppo".

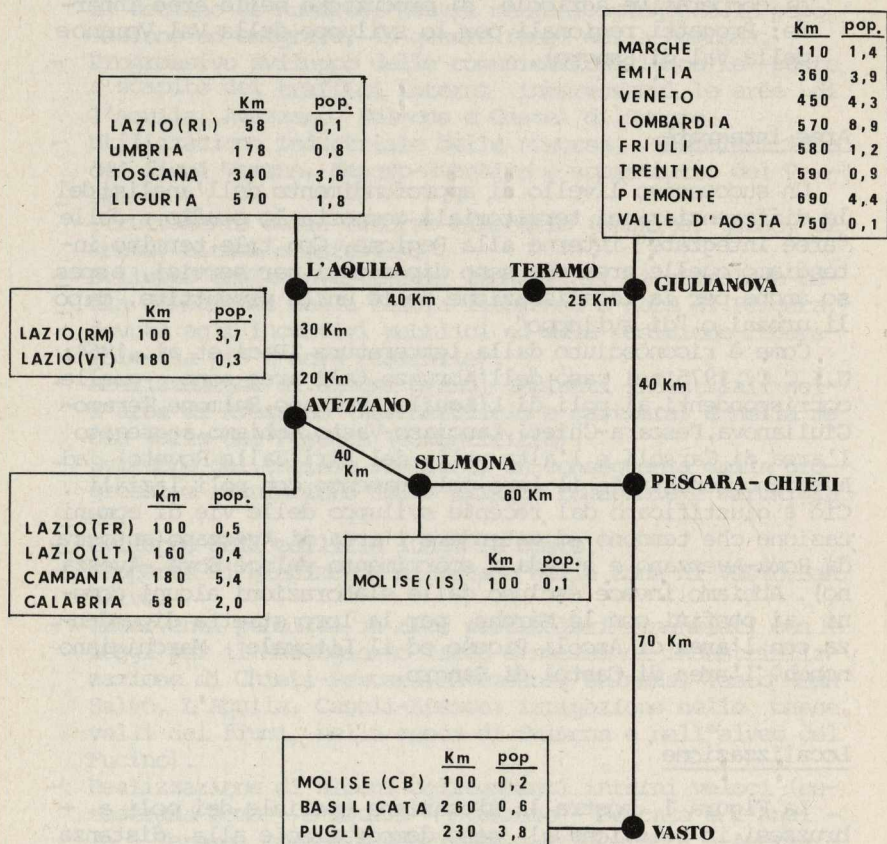
Come è riconosciuto dalla letteratura (Paci et al., 1964; U.I.C.C., 1975) nel caso dell'Abruzzo, tali aree sono quelle corrispondenti ai poli di L'Aquila, Avezzano, Sulmona, Teramo-Giulianova, Pescara-Chieti, Lanciano-Vasto. Abbiamo aggregato l'area di Carsoli e l'alta valle del Liri (Valle Roveto) ad Avezzano, nonostante il loro collegamento con poli laziali. Ciò è giustificato dal recente sviluppo delle vie di comunicazione che tendono ad estendere l'area di Avezzano (autostrada Roma-Avezzano e strada a scorrimento veloce Sora-Avezzano). Abbiamo invece escluso dalle elaborazioni alcuni comuni ai confini con le Marche, per la loro stretta dipendenza con l'area di Ascoli Piceno ed il Litorale Marchigiano nonché l'area di Castel di Sangro.

Localizzazione

La Figura 1 mostra la situazione spaziale dei poli abruzzesi in relazione al peso demografico e alla distanza delle diverse Regioni della penisola. Una indicazione analoga riferita alle strutture industriali invece che alla popolazione potrebbe essere utile per un successivo approfondimento dei collegamenti spaziali interregionali in termini di scambi *input-output*. Occorre tuttavia tener presente che a tutt'oggi il potenziale industriale abruzzese è piuttosto esiguo e parziale rispetto a quello delle regioni del Nord Italia, anche se presenta interessanti fenomeni di "industrializzazione periferica" (Arcangeli, Borzaga e Goglio, 1980).

Con riferimento alla figura si noti come, mentre la costa adriatica rappresenta una via non alternativa di col-

Figura 1 - I poli insediativi abruzzesi nel sistema nazionale



legamento tra il Nord ed il Sud, non altrettanto può dirsi dei collegamenti con i poli interni.

Indicatori aggregati

La Tabella 2 riporta la popolazione residente nelle diverse aree secondo i dati provvisori del censimento ISTAT 1981 ed altri indicatori socio-economici. I primi tre dati della tabella sono di carattere demografico insediativo:

1. popolazione al 1981 (censimento 1981, dati provvisori, migliaia);
2. densità di popolazione al 1981 (abitanti per Km²);
3. variazione percentuale di residenti dal 1971 al 1981.

Quattro dati riguardano la struttura produttiva:

- 4., 5., 6. e 7. percentuali di attivi nell'agricoltura, nelle costruzioni, nei servizi e nell'industria manifatturiera (secondo il censimento ISTAT del 1971).

Altri due dati integrano e precisano il dato sulla percentuale di attivi nell'industria, attraverso il confronto con il numero di addetti risultanti dal contemporaneo censimento dell'industria:

8. attivi nell'industria manifatturiera meno addetti su attivi totali;
9. addetti su attivi totali.

Gli ultimi dati, infine, indicano:

10. gli investimenti industriali a fronte dei quali sono stati concessi contributi pubblici in conto capitale dal 1/1/1970 al 30/6/1980, in base alla legislazione per il Mezzogiorno (milioni di lire per abitante residente);
11. la spesa per infrastrutture industriali per aree e nuclei di industrializzazione, in miliardi di lire 1980 (stima);
12. la spesa per infrastrutture per l'irrigazione e per impianti di trasformazione di prodotti agricoli in aree di sviluppo, in miliardi di lire 1980 (stima).

I dati sono stati ricavati analizzando l'Allegato al Bilancio della Cassa per il Mezzogiorno relativo al 1980 (Camez, 1981). Esso è di difficile interpretazione in quanto gli interventi sono male specificati riguardo al tipo di opera ed alla sua collocazione temporale e spaziale. In particolare si sono incontrate difficoltà nella attualizzazione dei dati finanziari relativi ad un periodo così lungo (trenta anni) e si è dovuto ricorrere a stime di massima che tuttavia riteniamo essere abbastanza indicative.

Le stime hanno portato a quantificare in 3800 miliardi, a prezzi 1980, il totale delle erogazioni della Cassa per il

Tabella 2 - Differenze insediative e produttive tra le sei aree integrate abruzzesi.

Indicatore	Area					
	L'Aquila	Sulmona	Avezzano	Teramo- Giulia- nova	Pescara- Chieti	Vasto- Lancia- no
1-pop. res. 1981 x 10 ³	104	50	122	183	480	213
2-densità ab./Km ² :	53	73	66	129	227	110
3-var. % pop. 1971-1981 :	-2,2	5,6	-1,5	2,4	7,8	3,9
4-% attivi agric.:	19	23	31	26	23	41
5-% attivi costr.:	16	12	19	16	14	15
6-% attivi servizi:	46	46	35	34	41	26
7-% attivi industr.:	19	18	15	24	22	18
8- att.-add. x 100 /att.tot.:	4,5	1,7	3,9	6,6	4,4	5,3
9-add. x 100 /att.tot.:	14,1	16,9	10,8	17,3	17,8	12,7
10- i.i./pop. '70-80 L x 10 ⁶	0,717	1,135	0,964	0,965	1,076	2,458
11 - infr.ind. L x 10 ⁹ :	17	50	59	21	154	163
12 - infr.agr. L x 10 ⁹ :	8	35	73	101	145	84

Mezzogiorno in Abruzzo dal 1950 al 1980. Di tale somma è stato possibile effettuare la ripartizione indicata in tabella per importi che complessivamente ammontano a L. 910 miliardi (pari al 24%), impiegati per infrastrutture di sviluppo facilmente localizzabili in aree particolari. Per quanto riguarda la parte rimanente essa risulta essere stata destinata:

- per il 18% ad incentivi industriali (mutui e contributi), che come sarà mostrato nel seguito, sono caratterizzati da localizzazione concentrata;
- per l'8% ad infrastrutture agricole ed a contributi e mutui per la ristrutturazione fondiaria, che si può ritenere abbiano interessato quasi esclusivamente le aree di tradizionale valorizzazione agricola (colline e pianure costiere);
- per il 40% ad infrastrutture viarie e civili (strade, acquedotti, ospedali, ecc.) che si presume abbiano interessato solo il 50% dei comuni più grandi o più favorevolmente localizzati;
- per il 10% ad interventi in aree sfavorite (per lo più sistemazioni montane e piccole infrastrutture civili).

Da tali dati si rileva che i fondi per lo sviluppo del Mezzogiorno sono stati utilizzati seguendo il criterio, del resto esplicitamente dichiarato negli anni '60, dei poli di sviluppo.

Gli indicatori contenuti nella tabella sono stati selezionati tenendo anche presente la necessità di effettuare le elaborazioni disaggregate riportate nel seguito.

Curve di Lorenz relative ad indicatori comunali

In tale sezione e nella successiva ci si propone di spiegare l'analisi ad un ulteriore livello di dettaglio territoriale. Ciò è richiesto sia dalla necessità di affinare la metodologia di analisi "per aree", che non può non tener conto della situazione interna alle stesse, che per selezionare e valutare investimenti ed aiuti pubblici meglio localizzati.

L'analisi disaggregata degli indicatori è stata effettuata seguendo il metodo grafico della curva di Lorenz, usata in geografia quantitativa soprattutto per studiare le differenziazioni industriali tra i diversi centri urbani. (Sono state apportate piccole modifiche: scambio degli assi della rappresentazione cartesiana, uso del numero d'ordine assoluto invece che del dato percentuale).

Per ogni indicatore, i 305 comuni dell'Abruzzo sono stati ordinati da quello con il valore inferiore dell'indicato

re a quello con il valore superiore. In tale ordinamento ogni comune ha una posizione determinata da un indice di ordinamento. La curva descritta dal valore dell'indicatore in funzione dell'indice di ordinamento, esprime in forma sintetica l'andamento disaggregato dell'indicatore e la sua significatività rispetto allo studio delle differenziazioni territoriali.

Infatti tanto più la curva è poco ripida inizialmente (quindi) molto ripida nel tratto finale, tanto più l'indicatore esprime fattori territorialmente discriminanti.

Inoltre, l'analisi dei casi estremi (comuni relativi ai tratti iniziali e finali delle curve) dà informazioni esatte sul fenomeno realmente osservato dall'indicatore.

La Figura 2 riporta le due curve relative alla densità di popolazione al 1971 ed al 1981, ricavate nel modo descritto.

Esse permettono di valutare la tendenza alla crescita urbana che, nell'ultimo decennio, è solo diminuita rispetto al periodo precedente.

I 35 comuni che corrispondono "all'impennata" finale delle due curve si trovano tutti (tranne tre: Avezzano, Sulmona e, vicino a questo, Pratola Peligna), nella fascia costiera.

L'Aquila stessa non è compresa, avendo densità pari a 129 ab./Km². In tal caso però il dato è distorto dall'ampiezza particolare dell'area comunale, che comprende anche le vaste spopolate pendici occidentali del Gran Sasso. Rientrano invece in tale gruppo tutti i comuni litoranei, ad eccezione di quattro tra San Vito Chietino (a sud di Ortona) e Vasto, ed alcuni comuni nelle zone collinari immediatamente a ridosso.

L'analisi evidenzia quindi la differenza del modello insediativo nella provincia di L'Aquila rispetto alle tre province costiere, separate dalla prima dai massicci del Gran Sasso e della Maiella e dalle loro propaggini, attraverso le quali si aprono gli unici valichi delle valli del Pescara e del Sangro-Aventino.

I successivi indicatori analizzati esprimono la specializzazione produttiva. Le curve riportate nella Figura 3, ottenute secondo la procedura descritta, sono relative alle percentuali di attivi in agricoltura, nelle costruzioni, nei servizi e nell'industria manifatturiera alla data del censimento del 1971.

Si noti che, delle quattro, la curva che presenta inclinazione maggiore nel tratto finale, e che quindi corrisponde ad un indicatore maggiormente discriminante, è quella relativa alle attività di servizio. I comuni che presentano il valore più alto di tale indicatore corrispondono ai centri

Figura 2 - Curve di differenziazione territoriale: densità di popolazione al 1971 ed al 1981.

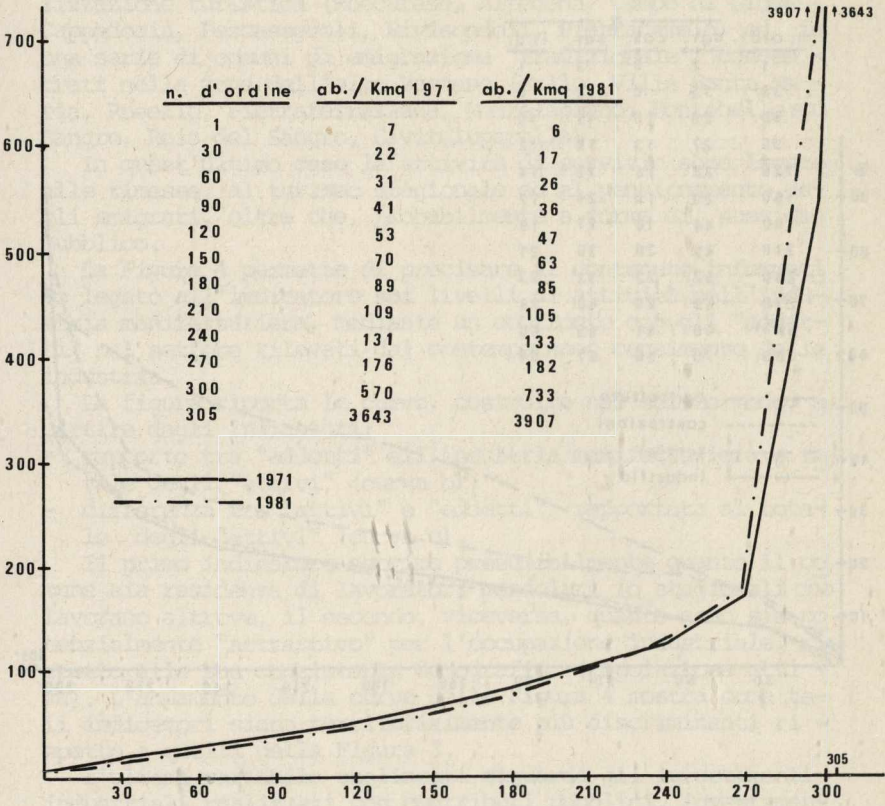
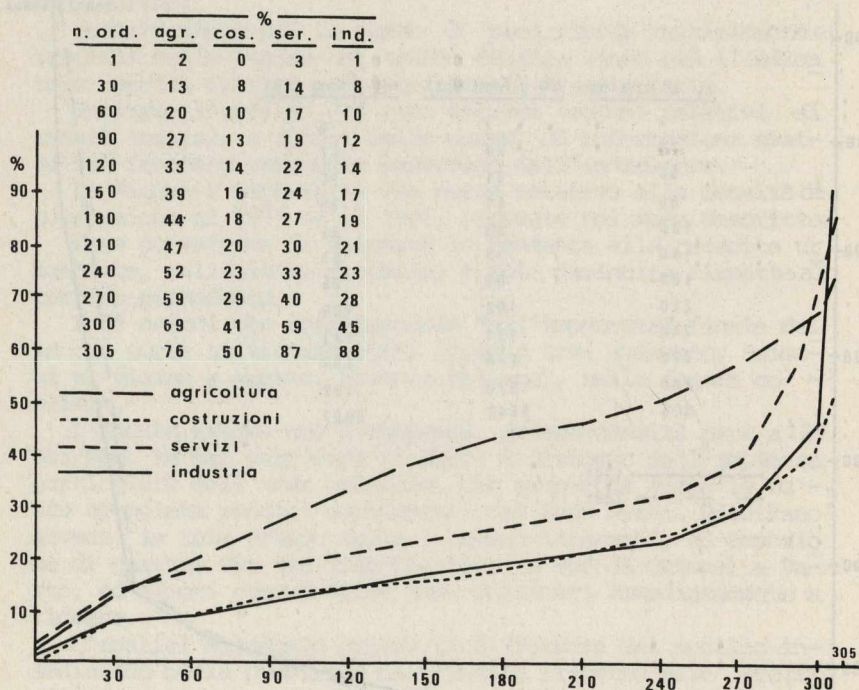


Figura 3 - Curve di differenziazione territoriale: percentuali di attività.



di Sulmona, L'Aquila e Avezzano, nella provincia interna, e di Pescara - Montesilvano - Chieti, Teramo - Giulianova, Vasto e Lanciano, nelle provincie costiere. Si ritrovano così i poli indicati nella Figura 1.

L'indicatore relativo ai servizi assume valori molto alti anche nel caso di una serie di comuni montani con specializzazione turistica (Roccaraso, Alfedena, Campo di Giove, Cappadocia, Pescasseroli, Rivisondoli, Pietracamela) ed in una serie di comuni di emigrazione "tradizionale", concentrati nella zona dell'alto Vastese (Fallo, Villa Santa Maria, Rosello, Pietraferazzana, Montelapiano, Montebello sul Sangro, Roio del Sangro, Civitaluparella).

In quest'ultimo caso le attività di servizio sono legate alle rimesse, al turismo stagionale ed al pensionamento degli emigrati, oltre che, probabilmente a forme di sussidio pubblico.

La Figura 4 permette di precisare il contenuto informativo legato all'indicatore sui livelli di attività nell'industria manifatturiera, mediante un confronto con gli "addetti" nel settore rilevati dal contemporaneo censimento della industria.

La figura riporta le curve, costruite nel solito modo, a partire dagli indicatori:

- rapporto tra "addetti" all'industria manifatturiera e totale degli "attivi" (curva b);
- differenza tra "attivi" e "addetti" rapportata al totale degli "attivi" (curva c).

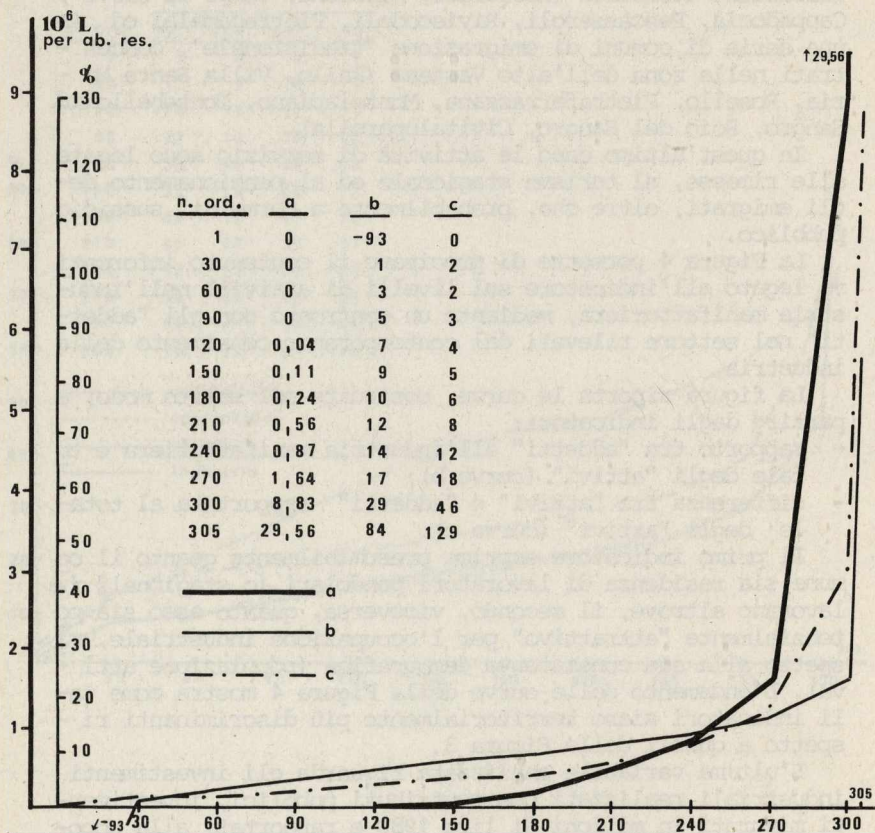
Il primo indicatore esprime presumibilmente quanto il comune sia residenza di lavoratori pendolari (o stagionali) che lavorano altrove, il secondo, viceversa, quanto esso sia potenzialmente "attrattivo" per l'occupazione industriale, rispetto alla sua consistenza demografica (popolazione attiva). L'andamento delle curve della Figura 4 mostra come tali indicatori siano territorialmente più discriminanti rispetto a quelli della Figura 3.

L'ultima variabile analizzata riguarda gli investimenti industriali realizzati con contributi pubblici, investimenti misurati in milioni di lire 1980 e rapportati alla popolazione residente 1981. Ad essa è associata la curva a della Figura 4, che evidenzia il suo altissimo potere discriminante.

Rapporti spaziali intercomunali

L'analisi dei rapporti spaziali tra i diversi comuni mostra come l'orografia tormentata e le politiche di sviluppo

Figura 4 - Curve di differenziazione territoriale: investimenti, attività e occupazione industriale.



per "poli" abbiano creato rapporti privilegiati tra comuni e gruppi di comuni secondo criteri che richiedono particolari adattamenti delle teorie sulle gerarchie urbane prima di una loro eventuale applicazione. Ciò non è soltanto vero per le strutture orografiche costituite dalle valli che portano ad un sistema di rapporti per così dire "ad albero", ma anche per le zone collinari costiere.

La Figura 5 è un tentativo di esemplificare graficamente le dipendenze intercomunali, limitatamente all'area di Sulmona, basandosi su valutazioni intuitive. Essa evidenzia possibili applicazioni della teoria dei grafi. Nella figura sono indicate: la distanza in Km (accanto alle frecce), la quota del centro comunale (sopra il nome del comune), la popolazione residente al 1981 (sotto il nome).

Ricerca di una metodologia scientifica di progressivo affinamento dello studio

In questa ultima sezione ci si pone il problema di quale linea logica seguire per poter precisare sempre di più, introducendo gradualmente nuovi dati ed informazioni, i meccanismi che regolano i processi dinamici di differenziazione territoriale.

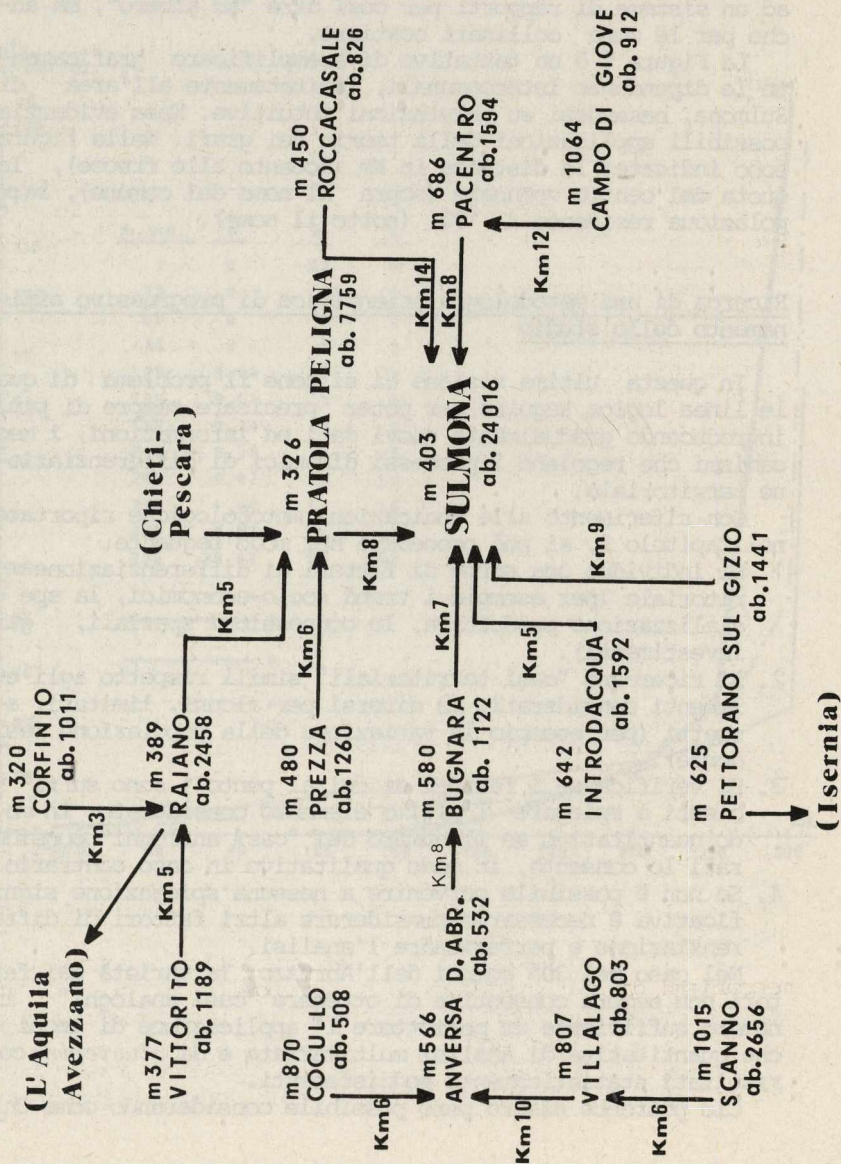
Con riferimento alle indicazioni metodologiche riportate nel Capitolo 2, si può procedere nel modo seguente.

1. Si individua una serie di fattori di differenziazione territoriale (per esempio i trend socio-economici, la specializzazione produttiva, le connessioni spaziali, gli investimenti).
2. Si ricercano "casi territoriali" simili rispetto agli elementi considerati, ma diversi per alcuni, limitati, aspetti (per esempio la variazione della popolazione residente).
3. Si verifica se i fattori di cui al punto 1 sono sufficienti a spiegare l'ultimo elemento considerato: in modo quantitativo se il numero dei "casi analoghi" considerati lo consente, in modo qualitativo in caso contrario.
4. Se non è possibile pervenire a nessuna spiegazione significativa è necessario considerare altri fattori di differenziazione e perfezionare l'analisi.

Nel caso dei 305 comuni dell'Abruzzo, la varietà dei fattori non sembra consentire di ottenere "casi analoghi" in numero sufficiente da permettere l'applicazione di tecniche quantitative di analisi multivariata e di *clustering* con risultati statisticamente soddisfacenti.

Ciò potrebbe essere però possibile considerando come Uni

Figura 5 - Struttura spaziale intercomunale: area di Sulmona.



verso tutti i 2.536 comuni del Mezzogiorno (IV Ripartizione ISTAT), non essendo molti gli ulteriori elementi da introdurre per tener conto delle differenziazioni tra le diverse Regioni.

Tuttavia è già possibile effettuare alcuni confronti. Per esempio tra "aree funzionali" o "poli" per certi versi analoghi (Sulmona e la parte interna della provincia di Teramo). O tra comuni in situazioni analoghe all'interno della stessa area. Per esempio tra Montorio al Vomano (area di Teramo), Pratola Peligna (area di Sulmona), e Spoltore (area di Pescara - Chieti), in quanto comuni satelliti che potrebbero essere interessati da processi di decentramento dei centri principali. O tra comuni isolati di "spopolamento" in aree diverse (ad esempio Pacentro nell'area di Sulmona e Cortino nell'area di Teramo). O tra comuni in posizione analoghi nella stessa area (ad esempio Bugnara ed Introdacqua nell'area di Sulmona).

Una possibilità, che non abbiamo avuto il tempo di sperimentare, per effettuare analisi statistiche significative potrebbe essere quella di confrontare per intero sub-organizzazioni territoriali analoghe (ad esempio Cocullo - Scanno Villalago - Anversa negli Abruzzi - Bugnara - Sulmona con I sola Gran Sasso - Colledara - Castelli - Castel Castagna - Arsita - Bisenti - Basciano - Teramo).

4. Conclusioni

Il lavoro effettuato è preliminare, sia come metodologia, sia per quanto riguarda le informazioni raccolte, ad una analisi sistematica e puntuale delle differenziazioni territoriali.

E' chiaro che successivi approfondimenti del problema potranno essere tanto più fruttuosi quanto più indirizzati verso obiettivi specifici, specialmente riguardo alle variabili "da spiegare". Un elemento che comunque emerge dalla ricerca effettuata è la notevole varietà delle situazioni territoriali e la quantità dei fattori che in ogni caso vanno considerati. Ciò rende l'analisi complessa e richiede un notevole sforzo creativo per adattare metodi già sperimentati in altre realtà più semplici.

Riuscire a precisare in modo deterministico e puntuale i meccanismi di differenziazione è, comunque, indispensabile per impostare su criteri scientifici una programmazione territoriale. Va tenuto presente, infatti, che qualsiasi politica, ispirata da analisi di dati che esprimano valori medi relativi a vasti territori, tende quasi sempre ad accentua-

re le differenziazioni interne, con effetti negativi anche a livello globale.

Ringraziamenti

Si ringrazia Ettore Nassisi per la collaborazione prestata.

Avvertenza

Lavoro autonomamente svolto dall'autore. Quanto in esso contenuto non impegna l'Ente in appartenenza.

Bibliografia

- Arcangeli F., Borzaga C. e Goglio S. (1980), *Patterns of peripheral development in Italian regions, 1964-77*, Papers of the Regional Science Association, Vol. 44.
- Bellacicco A. (1982), *Localizzazione e tipologie territoriali*, Corso sulla localizzazione delle attività produttive delle residenze e dei servizi, IASI-CNR, Capri.
- Bianchi G., Openshaw S., Scattoni P. e Sforzi F. (1980), *Problemi di zonizzazione: l'identificazione di aree sociali a scala urbana*, in *Nuovi contributi allo studio dello sviluppo economico della Toscana*, Irpet, Firenze.
- Cassa per il Mezzogiorno (1981), *Quaderno n. 3: Progetto Speciale per il Mezzogiorno Interno*, Roma.
- Cassa per il Mezzogiorno (1981), *Allegato al Bilancio 1980*, Roma.
- Censis, (1982), *The new geography of population and its economic consequences in a low development area: Southern Italy*, a cura di G. Roma, XXII Congresso dell'Associazione Europea di Scienze Regionali, Groningen.
- Cresa (1974), *L'industria manifatturiera in Abruzzo*, L'Aquila.
- Cresa (1978), *Lavori preparatori per lo schema di riferimento per gli interventi in Abruzzo dei fondi CEE*, Volumi vari, L'Aquila.
- Nuovo Mezzogiorno (maggio 1981), Anno XXIV: Rapporto Abruzzo '80.
- Paci A., Roncioni M., Van Heck B. e Vincelli G. (1964), *Le unità territoriali intermedie: studio per l'individuazione di zone omogenee in Abruzzo*, Collezione Meridionale Editrice, Roma.
- Ranieri P., *Le risorse minerarie ed idriche dell'Abruzzo*, Japadre Editore, L'Aquila.
- Simonelli G. (1982), *Rural area development within a regional context: an analytical approach*, XXII Congresso dell'Associazione Europea di Scienze Regionali, Groningen.
- Svimez (1974), *Profilo territoriale demografico ed economico dell'Abruzzo*, Roma.
- U.I.C.C. (1975), *Le aree socio-economiche in Italia*, Franco Angeli Editore, Milano.

L'ANALISI MULTI-CRITERIA COME STRUMENTO DI GUIDA
PER LA FORMAZIONE, OLTRE CHE PER LE SCELTE
DI STRATEGIE DI PIANO

di Giuseppe Las Casas *

Sommario

Il presente lavoro è rivolto verso due direzioni.

Nella prima si suggerisce un approccio per la organizzazione dei lavori per la redazione di un piano urbanistico-territoriale, di scala sub-regionale, fondato sulla implementazione di una procedura decisionale di analisi delle preferenze (Electre II').

Nella seconda vengono presi in esame aspetti metodologici come:

- a. la determinazione dei criteri, intesi come "indicatori di risultato", assumendo come esperienza-guida quella dell'OCDE;
- b. la estensione dell'analisi delle preferenze all'insieme dei criteri, finalizzata alla determinazione del sistema dei pesi;
- c. il modello classico delle preferenze in rapporto al modello "canonico" proposto da Roy, del quale si suggerisce la possibilità di una estensione.

1. *Introduzione*

In questo lavoro vengono raccolte alcune riflessioni relative al contributo che i recenti sviluppi della "Scienza della Ottimizzazione" possono dare nella ricerca della "migliore" soluzione di un problema di Pianificazione Territoriale. Per una survey sulla evoluzione della materia si veda Ostanello, 1980, a.

Il tipo di approccio che si propone è di tipo multi-criteri e si tende a stabilire un processo di tipo interattivo di avvicinamento alla "soluzione di compromesso ottimale" nella elaborazione di un piano territoriale di scala com-

* Dipartimento di Pianificazione Territoriale e Urbanistica. Università degli Studi di Roma La Sapienza. Via Cas-sia 32, 00191 Roma.

prensoriale.

La procedura proposta consiste nella implementazione di una tecnica del tipo Electre II e vengono individuati come elementi chiave quello della natura degli indicatori e quello dell'attribuzione di un sistema di pesi ai diversi criteri.

Il significato di ottimalità viene qui assunto in termini problematici, basandosi sulle relazioni di surclassamento (Roy 1974) e ammettendo la possibilità di valutare una distanza fra una qualunque soluzione e la "soluzione perfetta" di Geoffrion o il "punto di mira" di Roy (cfr. Roy, 1974 e Ostanello, 1980, a).

Tale assunto si ricollega alla esigenza di facilitare il rapporto fra il decisore inteso non come tecnico, ma come politico e il set di obiettivi e soluzioni. Questa esigenza si ricollega, a sua volta a quella, del tutto generale di tendere ad una riduzione del gap fra la natura intricata e spesso non-sistematica (o non-sistematizzata) dei problemi decisionali che competono al decisore pubblico e la natura rigorosa e strettamente formalizzata che le tecniche e le teorie vengono sviluppando.

Questo ultimo obiettivo è diretto al fine di non far mancare a due componenti disciplinari (tecnica e politica) dello stesso problema, la alimentazione che l'una può fornire all'altra.

2. *Il processo decisionale come approfondimento della conoscenza*

La complessità dei fenomeni territoriali, che si riflette nel processo di pianificazione, si traduce nella esigenza di valutare una realtà e dei problemi di natura multidimensionale.

Questa considerazione implica a sua volta la necessità di provvedere ad una efficace sistematizzazione dei differenti aspetti implicati nel processo decisionale, la quale tenga conto sia delle interazioni che si stabiliscono fra gli "oggetti delle decisioni" che di quelle che esistono fra i "soggetti" o gruppo di soggetti) da una parte e gli oggetti dall'altra.

Quello che si vuole dimostrare è quindi la opportunità di dedicare il contributo della analisi delle relazioni di preferenza non solo (o non tanto) all'ordinamento delle soluzioni, quanto alla costruzione dello scenario, trasferendo i principi e l'uso di questo tipo di analisi alla attribuzione di una relazione d'ordine all'insieme dei criteri.

In questo senso, il contributo dell'analisi delle preferenze che qui si esamina è rivolto all'incremento della conoscenza, da parte dei decisori, di ognuno dei diversi livelli di governo del territorio, in merito agli obiettivi di fondo e alle relazioni di questi con i requisiti dei progetti.

In altri termini, rilevata la complessità dell'intero processo della pianificazione sub-regionale, la quale, fra l'altro, coinvolge diversi livelli di governo, si rivela indispensabile provvedere ad una definizione sistematica di obiettivi e criteri che tengano conto del contributo e del ruolo attivo che ciascuno di tali livelli esercita nella costruzione del piano.

L'informazione di base è pertanto quella necessaria a definire, per ciascun livello e per ciascun gruppo di attori, cosa si vuole ottenere. Nei termini di razionalità limitata di cui parla Simon (Simon, 1955) (Cfr. Ostanello, 1980), si parlerà di soddisfacimento, livello di aspirazioni, etc.

Nel campo delle discipline del territorio, termini come soddisfacimento di bisogni, livelli di aspirazioni, si manifestano con la massima complessità e, comunque, ad un livello certamente superiore che non quello rilevato nei problemi classici della R.O. in cui, in genere, le scelte da compiere risultano essere circoscritte ad un ambito di domini relativamente molto più ristretto di quanto non siano quelli relativi alla programmazione e gestione di un sistema territoriale (Cfr. Ostanello, 1978).

Difatti, i motivi di insoddisfazione legati alle condizioni ambientali, presenti negli insediamenti umani, sono innumerevoli e la loro semplice elencazione non può portare gran ché di buono a meno di una illusoria consolazione (Las Casas, 1979).

Lo scopo che bisogna proporsi è pertanto quello di un esercizio che provveda:

- a. ad una tassonomia dei fabbisogni o delle insoddisfazioni;
- b. alla analisi delle interazioni che tra di essi si stabiliscono;
- c. alla definizione di appropriati strumenti di misura;
- d. alla valutazione di *quanto* tali fabbisogni vengono soddisfatti attraverso le diverse strategie proponibili.

Per quello che riguarda l'esercizio relativo alla costruzione di un sistema di strumenti di misurazione dei fabbisogni, la esperienza più organica alla quale fare riferimento è rappresentata dai programmi dell'OCDE sulla determinazione degli Indicatori Sociali e sugli Indicatori Urbanistici,

avviati durante gli anni '70, dei cui aspetti metodologici, nel presente lavoro, si propone una implementazione (OCDE, 1976, 1980).

L'approccio metodologico dell'OCDE è, naturalmente funzionale a sue finalità proprie, certamente diverse da quelle della pianificazione sub-regionale; esso tuttavia muove da alcune definizioni di carattere generale che può essere utile ricordare.

L'indicatore è definito come una "misura statistica, diretta e significativa, che permette di osservare il livello e le variazioni nel tempo di una preoccupazione fondamentale" (OCDE 1976, 1980; Pelli, 1982). Esso dovrà possedere le seguenti caratteristiche:

- a. permettere lo svolgimento di comparazioni fra situazioni diverse;
- b. rispecchiare con la massima precisione possibile la preoccupazione della quale tratta ed essere in grado di fare apprezzare le variazioni di livello di benessere ad essa collegate;
- c. riferirsi a preoccupazioni di interesse il più generale possibile (Cfr. Pelli, 1982).

Da tali definizioni e proprietà possono essere tratti gli elementi che compongono un indicatore:

- i. la preoccupazione (social concern), cioè quell'elemento del benessere che costituisce l'oggetto della misurazione;
- ii. lo standard che indica quella soglia di benessere, espressiva di una performance che una determinata risorsa può fornire;
- iii. una formulazione matematica, sintetica ed espressiva che faccia apprezzare i livelli di diffusione fra gli individui di una data fonte di benessere (Cfr. OCDE 1976, Las Casas, Mainini, 1976).

La nostra attenzione si appunta sulla prima delle componenti citate: la definizione della preoccupazione.

Nel caso proposto dall'OCDE, la procedura è di tipo empirico, si sviluppa cioè producendo una serie di "check lists" da estendere, verificare e ridurre in maniera ciclica, attraverso l'apporto di specialisti dei diversi campi, in grado di indicare e definire in maniera sistematica le preoccupazioni particolarmente presenti nel loro paese.

Il risultato finale consiste in un numero elevato di "social concerns", classificate variamente in funzione di settori di interesse (domini e sottodomini) pre-determinati.

L'implementazione di una tale procedura, al caso della pianificazione territoriale di livello intermedio, richiama

finalità differenti, quali:

- la possibilità di sviluppare il dibattito sugli obiettivi da parte dei decisori e dei gruppi di operatori;
- la possibilità di confrontare le strategie proposte.

L'analisi delle preferenze dovrà quindi essere, innanzitutto, applicata sull'insieme degli obiettivi, opportunamente disarticolati e tradotti in indicatori (questi, a loro volta, prendono il ruolo di "criteri").

Il problema risulta quindi riconducibile a quello della determinazione di "indicatori di risultato" (targets) e quindi, in ultima analisi, a quello della formulazione degli obiettivi.

A questo scopo può essere utile distinguere "obiettivi di fondo" o "obiettivi-guida" che facciano riferimento a concetti astratti quali, ad esempio, "sicurezza", "accessibilità", "confort", etc., da esigenze particolari, legate ai diversi componenti del sistema territoriale in oggetto.

Chiameremo soltanto i primi *preoccupazioni*, mentre, opportuni raggruppamenti dei secondi costituiranno i *domini*, o settori.

Dall'incrocio fra preoccupazioni e domini è possibile derivare gli obiettivi concreti da assegnare ai piani e, da essi, i criteri di valutazione (Las Casas, 1981).

In altri termini, ci si dovrà domandare quali riflessi abbia ogni preoccupazione astratta in ciascun dominio, sottolineando, di volta in volta, quelli traducibili in variabili da manovrare attraverso il piano.

E' a questo punto che acquista significato la definizione "indicatori di beneficio" che misurino lo stato di ciascuna preoccupazione rispetto ai diversi domini. Potremo chiamare tali indicatori "criteri" e ciascuno di essi avrà la forma di una funzione di utilità.

Il problema rimane quindi ricondotto a due esercizi ormai classici: da un lato la definizione di preoccupazioni astratte che derivano direttamente dall'analisi dei fabbisogni e dalle aspirazioni espresse dall'insieme di operatori, decisori e, soprattutto, dalla popolazione locale, dall'altro lato abbiamo la scomposizione del sistema in clusters di componenti.

In appendice verranno presentati alcuni esempi.

3. Il sistema di ponderazione

Una volta pagata la dovuta attenzione alla costruzione di una griglia di obiettivi, ha inizio la fase non poco de-

licata della attribuzione di una struttura di pesi a tali o biettivi o criteri.

La ipotesi posta alla base di questo lavoro è che, al fi ne di assicurare la "trasparenza" delle reazioni del deciso re (politico), di fronte alle diverse strategie, si proce - da, con la partecipazione dei diversi gruppi di operatori coinvolti dalla realizzazione del piano, alla attribuzione di una relazione d'ordine sull'insieme dei criteri. Tale re lazione costituisce lo scenario dentro al quale individuare le strategie stesse.

Molti autori hanno scritto sui fondamenti, sui problemi e sullo uso delle analisi delle preferenze (si veda, fra gli altri: Roy, 1973, 1974, 1977, 1979, Roy, 1974, Moscarola - Roy, 1978, Ostanello, 1976, 1980 (a, b) Bertier-de Montgol - fier, 1978, Voogd, 1981, Jacquet-Lagrèze, 1975, etc.).

Allo stesso modo in cui il modello classico delle prefe renze compara una coppia di alternative, qui si propone la comparazione fra paia di obiettivi.

Sia $\{A\} = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ l'insieme degli obiettivi prece dentemente definiti.

Sia $\{G\} = \{g_1, g_2, \dots, g_p\}$ l'insieme dei "portavoce" dei diversi gruppi di decisori implicati nella formulazione del le strategie di piano (giudici) (v. figura 1).

Sia $g_k(a_i)$ la funzione di utilità che il k-esimo gruppo di giudici annette all'obiettivo i.

Per ogni paia di obiettivi si potrà verificare:

$a_i S_k a_j \rightarrow g_k(a_i) > g_k(a_j)$ Preferenza

$a_i N_k a_j \rightarrow g_k(a_i) = g_k(a_j)$ Indifferenza

$a_i I_k a_j \rightarrow a_i \not\leq_k a_j, a_i \not\geq_k a_j$ Non comparabilità

Sulla scorta dei ragionamenti proposti da Roy (Roy, 1979) si avrà:

- per S (preferenza),

$a_i S a_j \rightarrow a_j \not\leq a_i$

$a_i S a_j, a_j S a_h \rightarrow a_i S a_h$

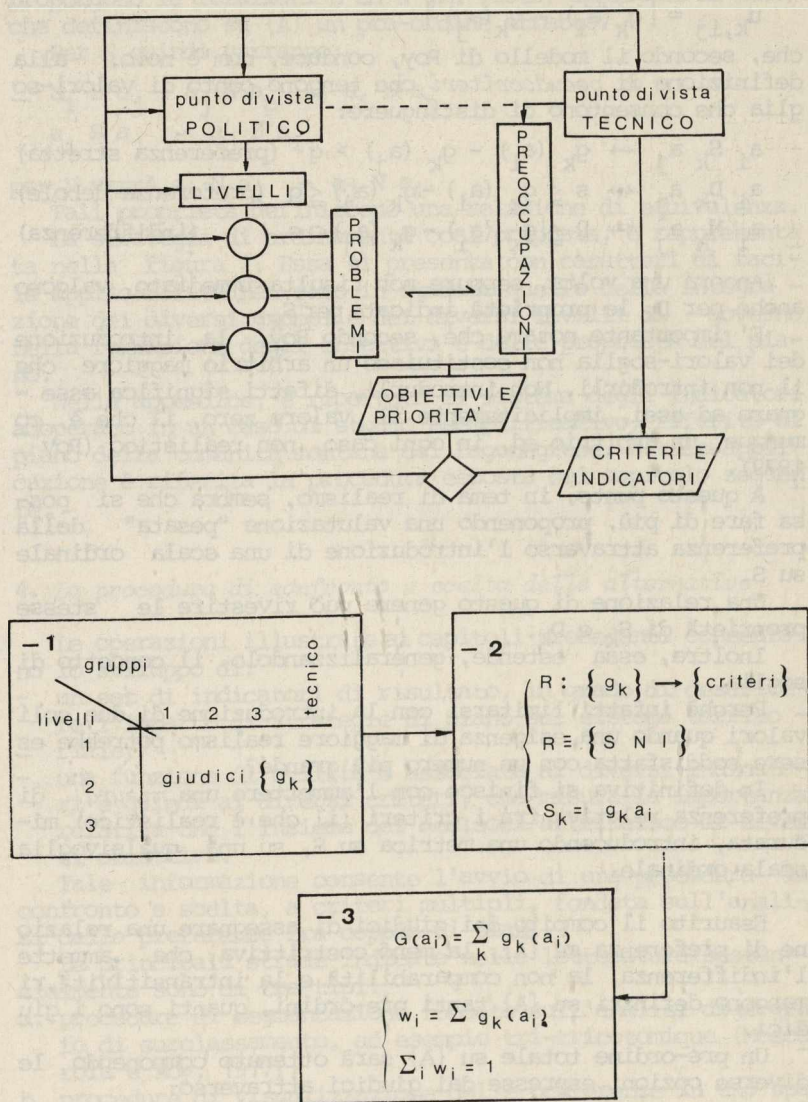
- per N (indifferenza),

$a_i N a_i$

$a_i N a_j \leftrightarrow a_j N a_i$

Mentre potrebbe non presentare problemi la introduzione di I (incomparabilità, simmetrica o no, si presenta diversa

Figura 1



mente la inclusione della distinzione fra preferenza *stretta* e preferenza *debole*, fondata sul grado di significatività, dato da:

$$u_{k,ij} = |g_k(a_i) - g_k(a_j)|$$

che, secondo il modello di Roy, conduce, com'è noto, alla definizione di *pseudocriteri* che tengono conto di valori-soglia che consentono di distinguere:

$$a_i S_k a_j \leftrightarrow g_k(a_i) - g_k(a_j) > q \quad (\text{preferenza stretta})$$

$$a_i D_k a_j \leftrightarrow s \leq g_k(a_i) - g_k(a_j) \leq q \quad (\text{preferenza debole})$$

$$a_i N_k a_j \leftrightarrow 0 \leq |g_k(a_i) - g_k(a_j)| < s \quad (\text{indifferenza})$$

Ancora una volta, seppure non risulta immediato, valgono anche per D_k le proprietà indicate per S_k .

E' importante notare che, secondo Roy, la introduzione dei valori-soglia non costituisce un arbitrio maggiore che il non introdurli. Non introdurli, difatti significa assegnare ad essi, implicitamente il valore zero, il che è, comunque, un arbitrio ed, in ogni caso, non realistico (Roy, 1979).

A questo punto, in tema di realismo, sembra che si possa fare di più, proponendo una valutazione "pesata" della preferenza attraverso l'introduzione di una scala ordinale su S .

Una relazione di questo genere può rivestire le stesse proprietà di S_k e D_k .

Inoltre, essa estende, generalizzandolo, il concetto di soglia.

Perchè infatti limitarsi con la introduzione di due soli valori quando una esigenza di maggiore realismo potrebbe essere soddisfatta con un numero più grande?

In definitiva si finisce con l'ammettere una *misura* di preferenza relativa fra i criteri (il che è realistico) misurata, introducendo una metrica su S , su una qualsivoglia scala ordinale.

Esaurito il compito dei giudici di assegnare una relazione di preferenza su $\{A\}$, la meno costrittiva, che ammette l'indifferenza, la non comparabilità e la intransitività, rimangono definiti su $\{A\}$ tanti pre-ordini, quanti sono i giudici.

Un pre-ordine totale su $\{A\}$ sarà ottenuto componendo le diverse opzioni espresse dai giudici attraverso:

$$G(a_i) = \sum_k g_k(a_i)$$

Essendo $g_k(a_i)$ uno dei valori della scala ordinale introdotta precedentemente.

Considerando $G(a_i)$ come una funzione di utilità, si ripropongono le relazioni S ed N già viste, applicare ad $\{A \times A\}$ che definiscono su $\{A\}$ un pre-ordine stretto.

Per S quindi varranno:

$$\begin{aligned} a_i S a_j, a_j S a_p &\rightarrow a_i S a_p \\ a_i S a_j &\rightarrow a_j \not S a_i \end{aligned}$$

per N varrà $a_i N a_j \rightarrow a_j N a_i$.

Tali proprietà definiscono una relazione di equivalenza.

La strategia di ordinamento così proposta, è rappresentata nella figura 1. Essa si presenta con caratteri di facile applicabilità nel caso in studio: quello della integrazione dei diversi gruppi e dei diversi livelli di governo nella formazione degli obiettivi e delle proprietà del piano.

Nella appendice, è riportato il sistema degli indicatori adoperato in un caso di studio esemplificativo, riferito al piano della comunità montana del Lagonegrese. A tale applicazione è riferita la procedura esposta nel capitolo seguente.

4. La procedura di confronto e scelta delle alternative

Le operazioni illustrate ai capitoli precedenti consentono lo sviluppo di:

- un set di indicatori di risultato, in grado di descrivere l'impatto di strategie di piano sul sistema territoriale;
- una funzione di utilità G associata ai diversi indicatori e quindi ai diversi criteri, che misura la importanza relativa che l'insieme dei decisori attribuisce ai diversi obiettivi.

Tale informazione consente l'avvio di una procedura di confronto e scelta, a criteri multipli, fondata sull'analisi delle preferenze fra coppie di piani.

Le principali strade indicate nella letteratura sostanzialmente sono di tre tipi:

- a. procedure di segmentazione fondate sull'analisi di un grafo di surclassamento, ad esempio tri-tricotomique (Moscarola e Roy, 1977);
- b. procedure di visualizzazione delle preferenze in uno spazio munito di distanze, ad esempio il metodo di Carroll (Cfr. Bertier de Montgolfier, 1978 e Bertier e Bourouche

1975);

c. procedure interattive di compromesso e procedure di analisi del surclassamento (Cfr. Diappi-Wegner, 1980 e poi Roy, Bertier Montgolfiers, Jacquet-Lagrèze, già citati).

Mentre le prime due sembrano adatte a problemi in cui il numero delle alternative sia elevato e superi di molto quello dei criteri (ad esempio, localizzazione di una industria), la terza via, che poi conduce a metodi del tipo Electre, ben si presta per problemi la cui complessità dimensionale degli obiettivi è preponderante rispetto al numero delle strategie possibili: questo è il caso di un piano urbanistico - territoriale.

Schema della procedura

Molti degli autori già citati hanno illustrato l'uso di Electre, una quantità di varianti sono state proposte per i vari passaggi; in Nijkamp 1977 e in Diappi-Wegner 1980 è possibile trovare una descrizione step by step della procedura.

Riportiamo qui di seguito soltanto la descrizione dei passaggi maggiormente legati al problema trattato, mentre in figura 2, è raccolta una sintesi della intera procedura con alcune delle principali varianti.

Matrice di impatto

La matrice di impatto A è costituita dallo insieme ordinato dei valori a_{ij} che l'i-esimo indicatore assume in rapporto al j-esimo piano.

Normalizzazione

Alcune considerazioni ulteriori potrebbero essere sviluppate sull'andamento del saggio di utilità marginale che dipende, oltre che dal tipo di funzione adoperata, anche dal tipo di normalizzazione. In assenza di una riflessione utile in questo senso,mentresi rimanda l'approfondimento ad un successivo lavoro, per quello che riguarda la normalizzazione si è ritenuto opportuno adottare una trasformazione lineare.

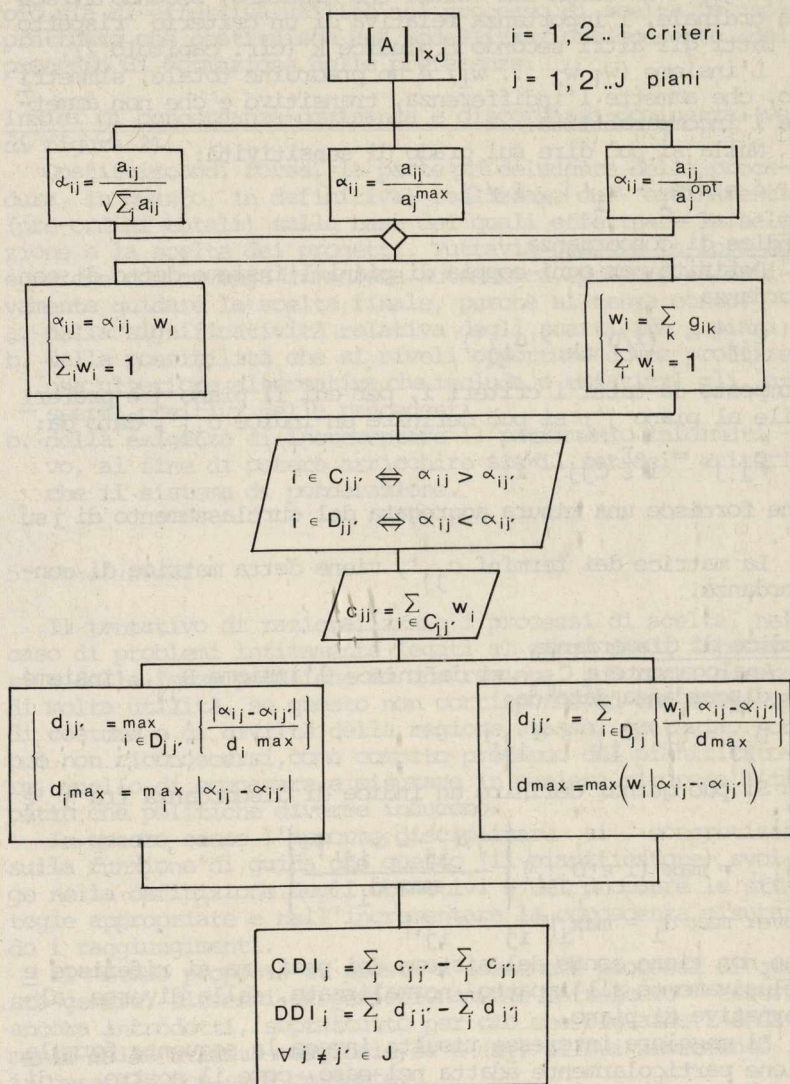
Sistema di ponderazione

Naturalmente il sistema dei pesi sarà quello derivato dall'analisi delle preferenze espresse dai diversi giudici sull'importanza di ciascun criterio. Esso, quindi è un sistema di ponderazione multi-gruppo.

I pesi saranno pertanto ottenuti da:

$$w_i = \sum_k g_{ik} ,$$

Figura 2



$$\sum w_i = 1$$

dove g_{ik} è la somma dei valori che misurano, secondo una scala ordinale, l'importanza relativa di un criterio rispetto a tutti gli altri secondo il giudice k (cfr. capitolo 2).

L'insieme $\{w_1 w_2 \dots w_i\}$ è un preordine totale, simmetrico, che ammette l'indifferenza, transitivo e che non ammette l'incomparabilità.

Nulla si può dire sul grado di sensitività:

$$\delta = |w_i - w_j|, i \neq j$$

Indice di concordanza

Definito per ogni coppia di piani l'insieme detto di concordanza

$$C_{jj'} = \{i / \alpha_{ik} > \alpha_{ij'}\}$$

composto da tutti i criteri i , per cui il piano j è preferibile al piano j' ; si può definire un indice $c_{jj'}$, dato da:

$$c_{jj'} = \sum_i C_{jj'} w_i$$

che fornisce una misura aggregata del surclassamento di j su j' .

La matrice dei termini $c_{jj'}$, viene detta matrice di concordanza.

Indice di discordanza

Analogamente a $C_{jj'}$, si definisce l'insieme $D_{jj'}$, insieme di discordanza dato da:

$$D_{jj'} = \{i / \alpha_{ij} < \alpha_{ij'}\}$$

Si può quindi definire un indice di discordanza fra j e j' :

$$d_{jj'} = \max (i \in D_{jj'}) \left\{ \frac{|\alpha_{ij} - \alpha_{ij'}|}{\max d_i} \right\}$$

dove: $\max d_i = \max_i |\alpha_{ij} - \alpha_{ij'}|$

che non tiene conto del sistema dei pesi, ma si riferisce esclusivamente all'impatto, normalizzato, delle diverse alternative di piano.

Di maggiore interesse risulta invece la seguente formulazione particolarmente adatta nel caso, come il nostro, di un sistema di ponderazione multi-gruppo:

$$d_{jj'} = \sum_i D_{jj'} \left\{ \frac{w_i |\alpha_{ij} - \alpha_{ij'}|}{\max d} \right\}$$

dove $\max d = \max (j \in D_{jj},) (w_i |\alpha_{ij} - \alpha_{ij}|)$

Formulazioni diverse possono essere proposte a patto che ciò sia di effettiva utilità nel processo di scelta e soprattutto che costituisca una modellizzazione coerente del processo di formazione delle preferenze.

Indici di concordanza-dominanza e discordanza-dominanza (vedi figura 2).

Costituiscono, forse, la parte più deludente della procedura, in quanto, in definitiva, realizzano due ordinamenti (pre-ordini totali) sulla base dei quali effettuare la selezione e la scelta dei progetti. Tuttavia qualora la loro assunzione non avvenga in maniera automatica, possono effettivamente guidare la scelta finale, purchè si tenga conto:

- della significatività relativa degli scarti fra i piani;
- della possibilità che si riveli opportuno dover produrre una ulteriore alternativa che includa o enfatizzi gli aspetti positivi delle precedenti.
- della esigenza di incrementare il patrimonio informati - vo, al fine di potere arricchire sia il set dei criteri che il sistema di ponderazione.

5. Conclusioni

Il tentativo di razionalizzare i processi di scelta, nel caso di problemi intimamente legati al gioco degli interessi e delle forze politiche di una regione, può non essere di molta utilità, se questo non corrisponde ad una esigenza di costume e di civiltà della regione stessa; tuttavia, non può non riconoscersi, come compito precipuo del pianificatore, quello di comparare e misurare in maniera rigorosa l'impatto che politiche diverse inducono.

In questo senso l'apporto disciplinare si concretizza sulla funzione di guida che questo (il pianificatore) svolge nella definizione degli obiettivi e nel proporre le strategie appropriate e nell'incrementare la conoscenza misurando i raggiungimenti.

Il metodo proposto si presta a sostenere processi di questo genere, elementi di perfezionamento potrebbero essere ancora introdotti, soprattutto per ciò che riguarda l'andamento della utilità marginale di $G(a_j)$ il cui incremento, in generale non sarà costante.

Questo, rappresenta una limitazione delle analisi delle preferenze fondate su funzioni di utilità e, pertanto uno studio della loro natura si impone.

6. Appendice

In questa appendice vengono presentati alcuni esempi della procedura di determinazione degli indicatori, precedentemente illustrata ed alcune illustrazioni relative ai risultati di una ricerca avente come oggetto la redazione di un Piano Zonale della Comunità Montana del Lagonegrese.

In particolare, la tabella 1 è riferita ad uno studio sulla determinazione degli Indicatori della Direzionalità a Roma (cfr. Las Casas 1981) e rappresenta le possibilità di incrocio fra domini e preoccupazioni.

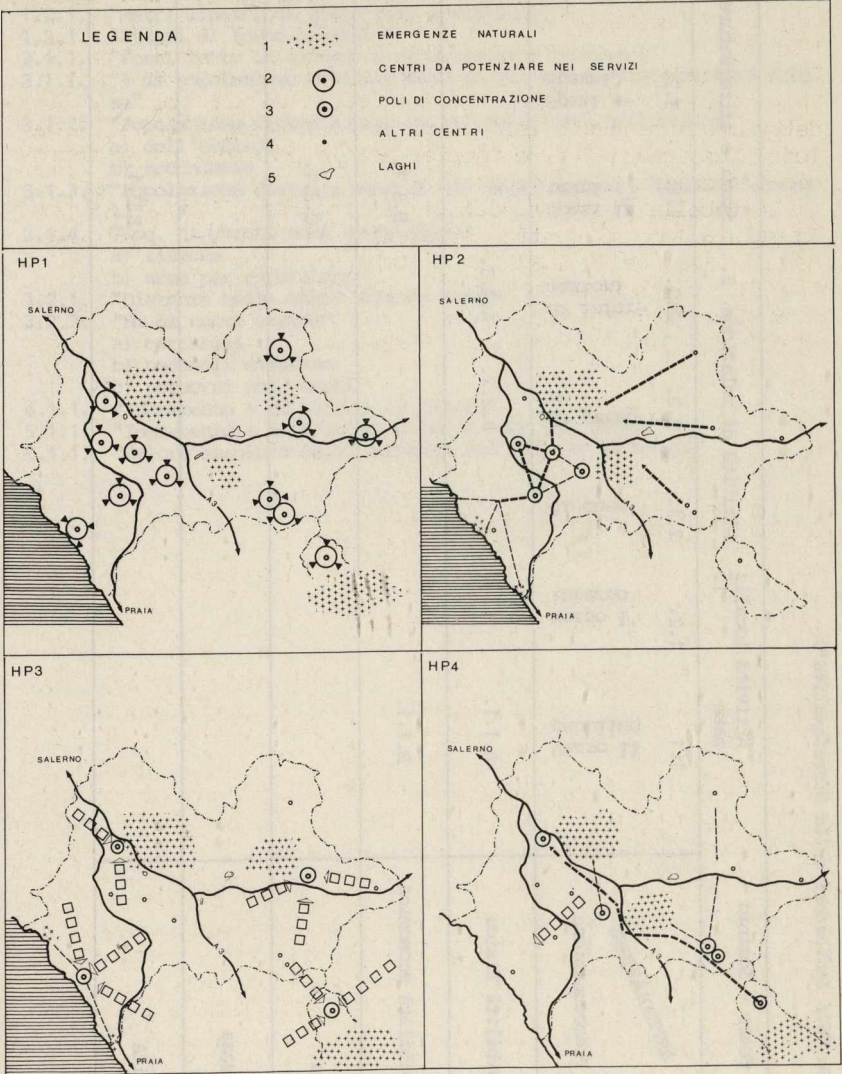
In tabella 2 sono riportati gli indicatori adoperati per la valutazione di quattro strategie alternative, elaborate per il Piano della Comunità Montana del Lagonegrese.

In tabella 3 sono riportati i valori che tali indicatori assumono per le quattro strategie proposte, le quali sono schematicamente rappresentate in figura 3.

Ringraziamenti

Si ringrazia il dottor architetto Luigi Ferretti che, in occasione dello svolgimento della sua Tesi di Laurea in Architettura che ho seguito in qualità di correlatore, ha partecipato alla parte applicativa della ricerca sul Piano della Comunità Montana del Lagonegrese.

Figura 3 - Alternative di piano per la Comunità Montana del Lagonegrese



Tab. 2 - Elenco degli indicatori

- 1.1.1. "N° di vani restaurati/N° di vani nuovi"
- 1.1.2. "Edilizia alberghiera/edilizia turistica stagionale"
- 1.2.1. "Metri lineari di costa resi accessibili"
- 1.3.1. "Ettari di bosco tagliati"
- 2.1.1. "Posti letto in albergo o pensione/vani turistici"
- 3.1.1. "% di popolazione distante meno di 15' dai servizi sanitari di base"
- 3.1.2. "Popolazione distante meno di 15' dalle sedi scolastiche"
 - a) dell'obbligo
 - b) secondarie
- 3.1.3. "Popolazione distante meno di 15' dagli impianti sportivi comunali"
- 3.1.4. "Km. di parchi resi accessibili"
 - a) riserve
 - b) aree per escursioni
- 3.2.1. "Distanza media delle aree di svago"
- 3.2.2. "Km di nuove strade"
 - a) carrabili
 - b) pedonali costiere
 - c) percorsi nei parchi
- 4.1.1. "Incremento % di offerta di lavoro"
- 5.1.1. "Incremento % dell'occupazione di base sul totale"
- 6.1.1. "Valore assoluto degli occupati nel settore turistico"

Tab. 3 - Valori conseguiti dagli indicatori per le quattro strategie

Indicatore (criterio)	Strategie			
	1	2	3	4
1.1.1.	0.42	0.32	0.31	0.37
1.1.2.	0.75	0.75	0.74	0.73
1.2.1.	1700	5700	5300	500
1.3.1.	400	2	3	12
2.1.1.	2.4	3.45	3.32	1.88
3.1.1.	89.4%	70.6%	90.3%	70.6%
3.1.2. a)	95%	95.5%	95%	95.5%
b)	70%	64.5%	76%	73.2%
3.1.3.	23%	42%	42%	58%
3.1.4. a)	0	42	12	5
b)	93	48	66	69
3.2.1.	30.7	37	29.5	29.2
3.2.2. a)	7	25	2	0
b)	0	8	5	0
c)	20	25	30	30
4.1.1.	9.13%	5.16%	4.9%	4.3%
5.1.1.	8.37%	4.9%	4.6%	4.2%
6.1.1.	1893	1238	1195	713

Bibliografia

- Bertier P., De Montgolfiers J. (1978), *Approche multicritère des problèmes de décision*, Suresnes, Ed. Hommes et techniques.
- Bertier P., Roy B. (1972), *La methode Electre 2^e, une application au media planning*, VII Conference International de R.O. Dublin.
- Bertier P., Bourcoche J.M. (1975), *Analyse des données Multi-dimensionnelles*, Parigi, Presse Universitaire de France.
- Diappi-Wegner L., Gotti G. (1980), *Strategie di intervento nel settore della casa e dei servizi sociali: considerazioni su l'analisi multi criteri*, 1a Conferenza Italiana di Scienze Regionali, Roma.
- Jacquet-Lagrez E. (1975), *La modélisation des préférence - Préordres et relations floues*, These IIIème cycle Université Paris V.
- Las Casas G. (1977), *Indicateurs de l'accessibilité phisique del logement aux services et emplois*, O.C.D.E. Programme des indicateurs sociaux, E.C.E. n.7, documente de seance n.2/14 mars 1977, documente de seance N. 5/6 dicembre 1977.
- Las Casas G. (1979), *Gli indicatori ambientali elaborati in un programma OCSE*, in *L'insoddisfazione ambientale degli ambienti umani*, Roma, Fondazione A. della Rocca, Programma Unesco MAB 11.
- Las Casas G. (1981), *Gli indicatori della direzionalità*, II° Congresso Nazionale di Architettura, Roma, INARCH.
- Las Casas G., Mainini G. (1976), *L'uso di alcuni indicatori urbanistici per l'indagine sulla condizione abitativa*, Istituto di Urbanistica, Roma.
- Moscarola J., Roy B. (1977), *Procedure automatique d'examen des dossiers fondée sur une segmentation tri-tricotomique en presence de critères multiples*, in R.A.I.R.O., Vol. 11, N. 2.
- Nijkamp P. (1977), *Theory and Application of Environmental economics*, Amsterdam, NORTH-HOLLAND, Publishing company.
- Nijkamp P. (1979), *Multidimensional Spatial Data analysis*, New York, John Wiley.
- Ostanello Borreani A. (1976), *An Interactive Multicriteria Decision Method*, Atti A.I.R.O., Taranto
- Ostanello Borreani A., Simoni P., Vernoni P. (1978), *Analisi multicriteri di un problema di localizzazione industriale: sperimentazione sul comprensorio di Torino*, Atti A.I.R.O., Bologna.
- Ostanello Borreani A. (1980a), *Evoluzione del concetto di ottimalità e sue prospettive normative*, in *Sistemi Urbani*, n. 2/3, Dic..
- Ostanello Borreani A. (1980b), *Un modello esplicativo di una preferenza ordinale, basata su criteri-multipli*, Atti A.I.R.O., S. Margherita Ligure.
- O.C.D.E. (1976), *Mésure du bien-etre social*, O.C.D.E., Parigi.
- O.C.D.E. (1980), *Les indicateurs sociaux Resultats jusqu'en avril 1979 et perspectives futures*, O.C.D.E. Parigi.

- Pelli C. (1982), *Programme des indicateurs sociaux de l'O.C.D.E. Groupe de travail sur les conditions de logement: Rapport Final*, Metron, Brugg-Windisch.
- Roy B. (1968), *Classement et choix en Presence de critères Multiples*, *Revue Française d'Informatique et de Recherche Operationelle*, Vol. 2 N. 8.
- Roy B. (1979), *Necessità di una nuova simomatica in teorie delle decisioni in modo diverso la P.O.*, *Atti delle Giornate A.I.R.O.*, Bologna.
- Roy G.G. (1974), *A multiple criteria approach to regional planning problems*, *Environment and Planning A*, Vol. 6.
- Voogd H. (1981), *Multicriteria analysis with mixed qualitative-quantitative data*, *XXI European Congress of R.S.A.*, Barcellona.

UN MODELLO DI SIMULAZIONE PER IL PORTO DI VENEZIA

di Elio Canestrelli^{*}

Sommario

Questo lavoro descrive la metodologia seguita nella stesura di un modello di simulazione relativo al sistema portuale veneziano. Si tratta di uno strumento quantitativo che, prendendo in considerazione alcuni importanti fattori naturali e umani che intervengono nella realtà in esame (numero navi in arrivo, ore di inagibilità per marea o nebbia, efficienza dei servizi di movimentazione navi e merci, disponibilità di accosti, pescaggio dei canali), tenta di leggerne le relazioni fondamentali e di prevedere gli effetti conseguenti a possibili variazioni dello scenario di riferimento, quali, ad esempio, quelle causate dalla progettata chiusura delle bocche di porto allo scopo di salvaguardare Venezia dalle acque alte.

1. Introduzione

Da un punto di vista astratto il porto può essere visto come un insieme di numerose variabili, legate le une alle altre da relazioni che è molto difficile descrivere analiticamente. La modifica anche di una sola di tali variabili o relazioni generalmente non resta circoscritta ad un solo aspetto dell'attività o organizzazione portuale, ma si ripercuote in modi non facilmente quantificabili, su tutto il sistema.

Come ulteriore complicazione vi è il fatto che il porto di Venezia è situato all'interno della laguna assieme ad una città, la cui vita è in equilibrio precario tra agenti naturali e umani, che operano come fattori di trasformazione.

Avviene quindi, ad esempio, che gli interventi progettati

* Laboratorio di Matematica Generale e Finanziaria - Università di Venezia - Ca' Foscari - 30100 Venezia.

ti alle bocche di porto della laguna, al fine di rendere meno precaria la vita in città, influenzano l'attività e quindi la produttività del sistema portuale con conseguenze, alcune facilmente quantificabili, altre di non facile previsione.

Esistono già in letteratura dei tentativi di quantificare tali danni economici sul traffico portuale (Carbognin, '71; Ministero Lavori Pubblici, '81). Essi si limitano però a considerare solo gli effetti diretti, dovuti cioè ai soli tempi di inagibilità degli ingressi, senza tener conto o considerando trascurabili le conseguenze indirette, quali l'aumento dei tempi di attesa per congestione dei servizi e dei canali, l'affollamento delle banchine, ecc.

E' sembrata pertanto utile le predisposizioni di un modello simulativo (confronta Crisma, 1974; De Ambrogio, 1973; Iazeolla, 1978; Pitacco, 1979) le cui variabili e leggi sono state calibrate in modo da riprodurre con la maggior precisione possibile la realtà in esame, e con il quale sia possibile esaminare le conseguenze sull'intero sistema, derivanti dalla modifica di una o più delle sue variabili.

2. Il modello del traffico portuale

Le navi in transito per il porto sono state ripartite in n classi, in funzione delle loro caratteristiche e della zona portuale cui sono dirette.

Ogni nave di classe i ($i = 1, 2, \dots, n$) in arrivo davanti al porto attende in rada prima di entrare. Ivi si forma quindi una coda di attesa ordinata per ora di arrivo.

A parità di arrivo si muove per prima la nave di quella classe che ha diritto di precedenza in base ai regolamenti portuali. All'interno della stessa classe vige la regola: chi primo arriva, primo entra.

Per semplicità di calcolo si suppone di aver rinumerato le classi di navi in modo tale che quelle di classe i si considerano con diritto di precedenza (sempre a parità di ora di arrivo) sulle navi di classe $i-1$.

Il porto è inoltre diviso in k settori e si fa l'ipotesi semplificatrice che ogni nave sia diretta ad un ben determinato e unico settore j , con $j = 1, 2, \dots, k$.

L'intervallo di simulazione va da un istante t_{iniziale} ad un istante t_{finale} con $t_{\text{finale}} > t_{\text{iniziale}}$. Per semplicità supponiamo sia t_{iniziale} che t_{finale} numeri naturali e consideriamo come intervallo elementare unitario l'ora.

Per ciascun istante t ($t_{\text{iniziale}} \leq t \leq t_{\text{finale}}$) la nave al primo posto dell'ordinamento in fila di attesa in rada transita al-

l'interno del porto verso il settore j , cui è diretta, se si verificano tutte le seguenti condizioni:

- a. non c'è nebbia;
- b. il servizio di movimentazione navi è disponibile;
- c. l'accosto in banchina nel settore j è libero;
- d. le bocche di porto non sono chiuse per alta marea;
- e. non vi è bassa marea eccezionale (tale condizione è attiva limitatamente alle navi con alto pescaggio).

Se tutte queste condizioni sono soddisfatte allora la nave (impegnando i servizi di movimentazione) passa dalla fila di attesa in rada ad una banchina del settore j , cui per viene in un istante t_1 successivo a t , in modo tale che l'intervallo $t-t_1$ sia somma dei seguenti ritardi temporali:

- a. tempo di attesa servizi;
- b. tempo di transito rada-banchina.

Si viene così a creare una coda in ciascun settore portuale.

Ogni nave ormeggiata in porto richiede un servizio di carico e/o scarico merce, per espletare il quale occorre un certo intervallo di tempo, di cui daremo più dettagliata spiegazione nel seguito.

Ultimate le operazioni di movimentazione merci (o passeggeri) ciascuna nave va a formare una coda ideale di uscita dal porto. Anche tale coda è ordinata in base agli stessi criteri con cui è ordinata la coda di attesa in rada.

Al generico istante t ($t_0 \leq t \leq t_1$) la prima nave dell'ordinamento nella coda di uscita lascia la banchina del settore j , se sono verificate tutte le seguenti condizioni:

- a. non c'è nebbia;
- b. il servizio di movimentazione navi è disponibile;
- c. le bocche di porto non sono chiuse per alta marea;
- d. non vi è bassa marea eccezionale (limitatamente alle navi con alto pescaggio).

Nel caso in cui tutte queste condizioni siano soddisfatte la nave lascia il porto dopo un certo intervallo temporale, somma dei tempi di attesa servizi e del tempo di transito dalla banchina alle bocche di porto, impegnando contemporaneamente i servizi di movimentazione navi.

Nel modello fin qui descritto (che nel seguito chiameremo modello principale) si inseriscono alcuni sottomodelli relativi a:

- a. arrivo delle navi in rada;
- b. nebbia;
- c. livello di marea (bassa e alta marea);
- d. movimentazione navi;
- e. movimentazione merci.

Nel modello principale inoltre va tenuto conto dei tempi di attesa servizi, dei tempi di transito rada-banchina in

entrata e banchine-bocche di porto in uscita, e delle capacità di accosto nelle banchine di ciascun settore portuale.

3. Sottomodello degli arrivi in rada

Per ciascuna classe di navi viene considerato un diverso processo di arrivi. Si supponga che il processo di arrivi delle navi di classe i ($i = 1, 2, \dots, n$) sia stocasticamente indipendente dal processo di arrivi delle navi di classe j ($j = 1, 2, \dots, n$) per ogni coppia i e j ($i \neq j$).

Conformemente a quanto più volte sperimentato in letteratura si assume inoltre che tali processi siano continui di tipo poissoniano. Per simulare un arrivo poissoniano è più agevole passare dall'esame sul numero degli arrivi all'esame della ampiezza T degli intervalli temporali che separano due arrivi successivi (vedi ad esempio Pitacco, 1979, p.13). Tale ampiezza è una variabile casuale continua avente densità di probabilità $f(T) = a_i \exp(-a_i T)$ e quindi funzione di ripartizione $F(T) = 1 - \exp(-a_i T)$.

Disponendo pertanto di una successione $\{y_h, h = 1, 2, \dots\}$ di numeri pseudocasuali uniformemente distribuita tra $(0, 1)$ si può procedere alla simulazione dell'intervallo T_h che separa gli arrivi successivi di due navi di classe i , mediante la formula $T_h = -1/a_i \log(1 - y_h)$.

4. Sottomodello nebbia

Non si è voluto complicare troppo il modello complessivo con nozioni di meteorologia e al contempo si è preferito organizzare questo lavoro in modo tale che ciascun sottomodello possa essere visto come un blocco separato, aperto a successivi ampliamenti o variazioni e, se necessario, facilmente sostituibile in toto.

Discretizzato l'intervallo temporale $[t_o, t_w]$ con base unitaria pari ad un'ora, si è partiti dalla ipotesi che la probabilità che ad un dato istante t si verifichi presenza di nebbia cambia in dipendenza del fatto che nell'istante $t-1$ ci sia stata o meno nebbia.

Limitando la memoria del sistema solo all'ora precedente, si è pensato di far ricorso ad una catena di Markov omogenea a soli due stati (vedi Kemeny, Snell e Thompson 1968):

- stato A: si è in presenza di nebbia
- stato B: non si è in presenza di nebbia.

Se indichiamo con p la probabilità (indipendente da t)

che all'istante t ci si trovi nello stato A subordinatamente al fatto che in $t-1$ si era nello stato A e con q la probabilità (pure indipendente da t) che all'istante t ci si trovi nello stato B subordinatamente al fatto che in $t-1$ si era nello stato B, la matrice di transizione P della catena è la seguente:

$$\underline{P} = \begin{pmatrix} p & 1-p \\ 1-q & q \end{pmatrix} \quad (0 < p < 1; 0 < q < 1).$$

Supposta tale catena regolare e indicato con $\underline{w} = (w, 1-w)$ il vettore punto fisso della catena, si ottiene: $\underline{w} \underline{P} = \underline{w}$ da cui la relazione:

$$q = 1 - (1 - p) \cdot w / (1 - w) \quad (1)$$

dove w esprime la probabilità limite che il processo stocastico si trovi allo stato A. In fase di calibrazione del modello daremo indicazioni per la determinazione di w .

Si consideri ora un generico evento di nebbia. La sua durata, senza soluzione di continuità, sia d intervalli unitari di tempo (nel nostro caso ore) con $d \geq 2$.

Relativamente all'evento "c'è nebbia, subordinato al fatto che nell'istante precedente ci sia stata nebbia", si hanno $d-1$ casi favorevoli su d possibili, quindi sembra ragionevole assumere:

$$p = (d - 1) / d \quad (2)$$

Le relazioni (1) e (2), noti d e w , permettono di calcolare la matrice di transizione \underline{P} .

5. Sottomodello livello di marea

E' ormai nota l'incidenza dell'alta marea nella laguna veneta e dei complessi e gravi problemi che, soprattutto in questi ultimi decenni, essa pone.

Tuttavia, in questo lavoro, ci limitiamo ad esaminare tale influenza relativamente al traffico portuale di Venezia.

Il mancato scavo di alcuni canali interni e la scarsa manutenzione degli stessi fa sì che il traffico portuale risenta, in modo non trascurabile, dell'alta e bassa marea. In fatti si nota, anche solo in modo empirico, che entrano ed escono dal porto un maggior numero di navi nei periodi di alta marea, che in quelli di bassa marea.

Di tale circostanza però verrà tenuto conto nel sottomodello movimentazione navi.

In questo Paragrafo ci si occupa, invece, di fenomeni di

di alta e bassa marea rilevanti.

Infatti in presenza di accentuata bassa marea le navi con alto pescaggio trovano impedimenti alla navigazione, mentre in presenza di accentuata alta marea ci si potrebbe trovare di fronte alla chiusura delle bocche di porto messa in atto per la salvaguardia della città di Venezia dai danni dovuti all'acqua alta.

D'altra parte l'oscillazione di marea è dovuta a due principali fattori: astronomico (soprattutto attrazione della luna e del sole) e meteorologico (pressione atmosferica, direzione e intensità del vento). Mentre il primo è noto con certezza, non altrettanto si può dire per il secondo. Inoltre, se è pur vero che la conoscenza del solo effetto astronomico è molto utile per la determinazione degli istanti di "maggior rischio" per livelli rilevanti (in valore assoluto) di marea (Comune di Venezia, 1983), pur tuttavia il persistere di un ampio intervallo di variabilità della oscillazione di marea al netto dell'effetto astronomico, rende possibili e storicamente non trascurabili alte o basse maree eccezionali, anche in presenza di una componente astronomica quasi nulla o addirittura di segno opposto a quella meteorologica.

E' pertanto sulla variabile aleatoria "livello di marea", depurata dalla sua componente certa (fattore astronomico) e ridotta alla componente aleatoria (fattore meteorologico) che va concentrata la nostra attenzione.

Tale aleatorietà è dovuta alle difficoltà insite nella determinazione del quadro meteorologico relativo a fissati istanti temporali e spaziali.

Noto infatti tale quadro se ne possono valutare gli effetti sul livello di marea con lievi margini di errore (Cane - strelli e Tomasin, 1981).

L'elaborazione di un modello di simulazione dello scenario meteorologico e sue conseguenze nel porto di Venezia (e più in generale in tutta la laguna) sarebbe di enorme utilità, ma esula dai limiti ristretti del presente lavoro.

Qualora comunque un tale modello fosse disponibile, potrebbe essere agevolmente inserito in sostituzione di quello di prima approssimazione, che di seguito viene descritto.

Poichè scopo di questo paragrafo è quello di simulare possibili ostacoli al traffico portuale, ci si limita a considerare non il livello di marea nel suo complesso, ma solo gli intervalli entro i quali si verificano o basse maree eccezionali o eventuale chiusura delle bocche di porto conseguente a previste dannose alte maree.

Sono stati quindi considerati separatamente i due fenomeni: alta e bassa marea, in quanto agiscono in modo diverso sul traffico portuale.

Simulazione degli intervalli di inagibilità del porto per alta marea.

Dapprima si suppone noto a priori quel livello di marea, L , superato il quale scatta la chiusura degli accessi portuali.

Successivamente per ciascun mese dell'anno si considera la variabile casuale t_i "ora del giorno in cui ha inizio un evento di alta marea superiore a L ".

Di tale variabile casuale, in base ai dati di cui daremo conto più avanti, vengono calcolati valore medio $E(t_i)$ e deviazione standard $\sigma(t_i)$.

Per ciascun mese dell'anno inoltre va calcolato il numero n_i di eventi di marea superiori al livello L e si determinano pure valor medio \bar{m} e deviazione standard $\bar{\sigma}$ della variabile casuale T_i associata all'evento "durata dell'intervallo di tempo in cui la marea è superiore a L ".

Mediante una successione di numeri pseudocasuali distribuiti uniformemente vengono "estratti", per ogni mese i , n_i giorni durante i quali ha inizio un evento di alta marea superiore a L . Fissato così il giorno, l'ora effettiva di inizio è simulata da una variabile casuale distribuita normalmente con media $E(t_i)$ e deviazione standard $\sigma(t_i)$. Pure la durata viene simulata, in modo stocasticamente indipendente, da una variabile casuale normale di media \bar{m} e deviazione standard $\bar{\sigma}$.

Per generare una successione di numeri casuali distribuiti normalmente a partire da una successione uniforme tra $(0,1)$, si è fatto ricorso alla tecnica di Box e Muller (Philips, Ravindran e Solberg, 1976, p. 399).

Per simulare infine l'intervallo completo di inagibilità portuale, alla durata precedentemente calcolata va aggiunto l'intervallo temporale dovuto alle manovre di chiusura e apertura delle bocche di porto, di cui al momento non si hanno informazioni di sicuro affidamento (indicativamente da una a tre ore).

Simulazione degli intervalli di inagibilità della movimentazione navi di alto pescaggio a causa della bassa marea.

Il metodo usato è analogo a quello visto al paragrafo precedente.

Si fissa un livello L' al di sotto del quale si ritiene che le navi di alto pescaggio non riescano a transitare. Similmente viene simulato, per ogni mese i , un certo numero di eventi di bassa marea aventi inizio all'ora t_i e durata T_i .

Gli intervalli di inagibilità per bassa marea coincidono, a differenza di quanto avviene per la alta marea, con gli intervalli simulati di tempo in cui la marea si mantiene al di sotto di L'.

Convien osservare a questo punto che la difficoltà del modello non sta tanto nel simulare gli intervalli di bassa marea, quanto nell'individuare quali e quante navi di alto pescaggio vengono impedito alla navigazione interna al porto.

6. *Sottomodello movimentazione navi*

Si è visto al Paragrafo 2 che la prima nave in coda di attesa in rada entra in porto, oppure la prima nave in coda di attesa nelle banchine esce dal porto se, qualora non ci sia nebbia, nè bassa marea, nè chiusura delle bocche di porto, sono verificate le altre due condizioni:

- b. il servizio di movimentazione è disponibile;
- c. l'accosto in banchina, nel settore in cui la nave è diretta, è libero (solo per gli arrivi).

I punti b. e c. pur trattando lo stesso problema legato alla movimentazione delle navi, tuttavia coinvolgono aspetti diversi del funzionamento del porto e pertanto vengono esaminati separatamente.

L'idea base è comunque quella di determinare due variabili: il numero massimo di navi movimentabili per ora del giorno e il numero massimo di navi ospitabili contemporaneamente in ciascun settore portuale e di ipotizzare che la conoscenza di tali due variabili sia riassuntiva, con sufficiente approssimazione, dello stato organizzativo dei servizi di pilotaggio, rimorchio e ormeggio e quindi della differente agibilità del porto nelle varie ore del giorno. Problema che st'ultimo a cui si è accennato durante la trattazione sul livello di marea.

Capacità massima del servizio movimentazione navi.

A norma del Regolamento di Navigazione Interna, le navi che entrano e escono dal porto devono ricorrere ad un servizio di pilotaggio e, in molti casi, all'uso di rimorchiatori, a partire da due miglia al largo delle bocche di porto fino ad ormeggio avvenuto.

Per quanto riguarda il pilotaggio, l'obbligo sussiste per tutte le navi con stazza superiore a 500 tsl (ne sono esentate quelle con stazza inferiore a 1500 se dotate di radio

VHF).

Il ricorso a rimorchiatori è, invece, obbligatorio per tutte le navi con stazza superiore a 900 tsl e per quelle navi di stazza inferiore per cui sussistono particolari situazioni di pericolosità (trasporto materiale esplosivo, navigazione notturna, manovre con angoli di rotazione superiori a 180° , ecc.).

Tali servizi sono teoricamente attivi 24 ore al giorno, ma di fatto vengono utilizzati dalle ore 6 mattino alle ore 1 di notte.

Pertanto in base ai dati sul transito delle navi, si sono costruite due tabelle indicanti, per ogni ora h del giorno, il numero medio di navi entrate $f(h)$ e uscite $g(h)$ dal porto. I valori $e_h = f(h)/365$ e $u_h = g(h)/365$, riportati in un grafico e interpolati lineamente, danno origine a due funzioni continue, definite tra 0 e 24, che chiameremo rispettivamente "profilo degli arrivi" e "profilo delle partenze" (Figure 1 e 2).

Obiettivo del sottomodello è quello di agire sul servizio di movimentazione navi in modo tale che i profili degli arrivi e delle partenze simulati approssimino "al meglio" il profilo degli arrivi e delle partenze osservati.

Il criterio di valutazione per tale approssimazione verrà indicato in sede di calibrazione del modello.

Abbiamo già chiarito che la prima nave in coda di attesa in rada entra nel porto, oppure la prima nave in coda di attesa in banchina esce dal porto a condizione che il servizio di movimentazione navi sia disponibile. Ebbene nel modello si assume che per tutto l'intervallo $(h, h+1)$ il servizio di movimentazione navi sia disponibile a far transitare al più $a_h = e_h + \log(e_h + 1) / \log \alpha_1$ navi in arrivo e $p_h = u_h + \log(u_h + 1) / \log \alpha_1$ navi in partenza.

Tale capacità massima si ottiene cioè sommando al numero medio di navi entrate o uscite, una quantità non negativa dipendente da un parametro $\alpha_1 > 1$ e con derivata parziale prima decrescente al crescere rispettivamente di e_h o u_h .

Il parametro α_1 va visto quindi come un fattore di rilassamento del profilo degli arrivi (o delle partenze). Quanto più α_1 risulta maggiore di uno tanto maggiore è il numero di navi movimentabili nell'intervallo orario $(h, h+1)$.

In fase di calibrazione del modello viene indicato come determinare α_1 in modo che i due profili simulati approssimino "al meglio" i due profili osservati.

Va subito precisato che, fissato h , in generale, a_h non è un numero naturale, per cui, indicato con $m(h)$ il massimo intero inferiore a tale valore, si assume che la capacità massima di movimentazione navi in arrivo sia una variabile

Figura 1 - Numero medio navi movimentate in arrivo per ora del giorno

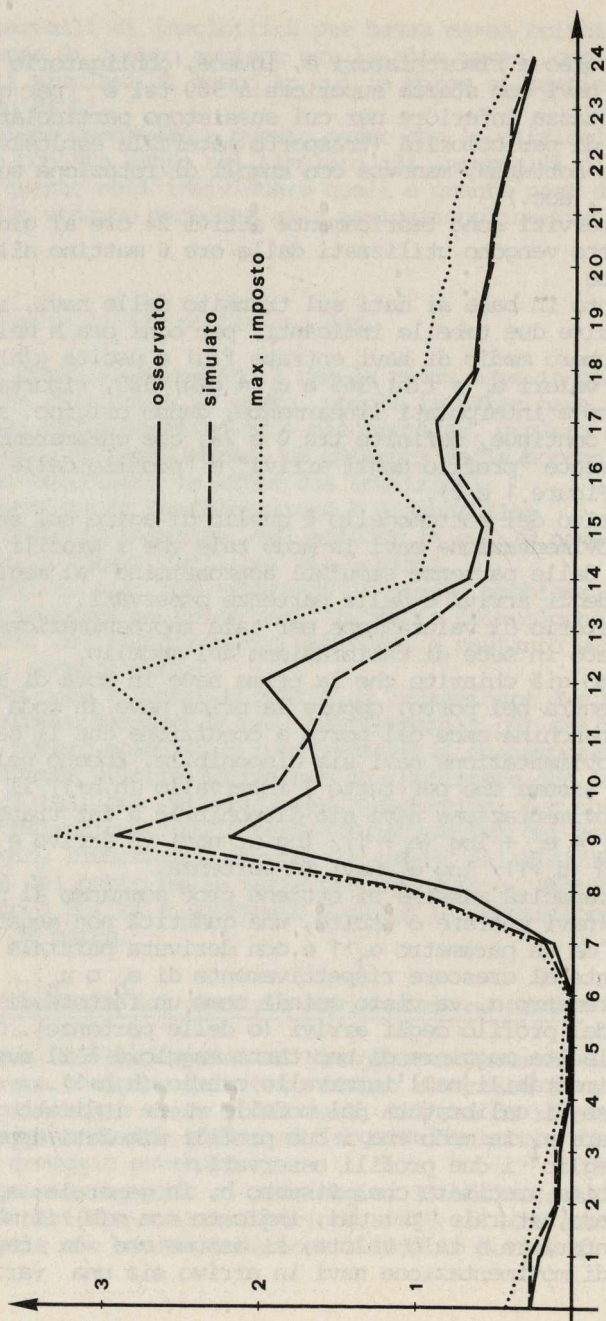
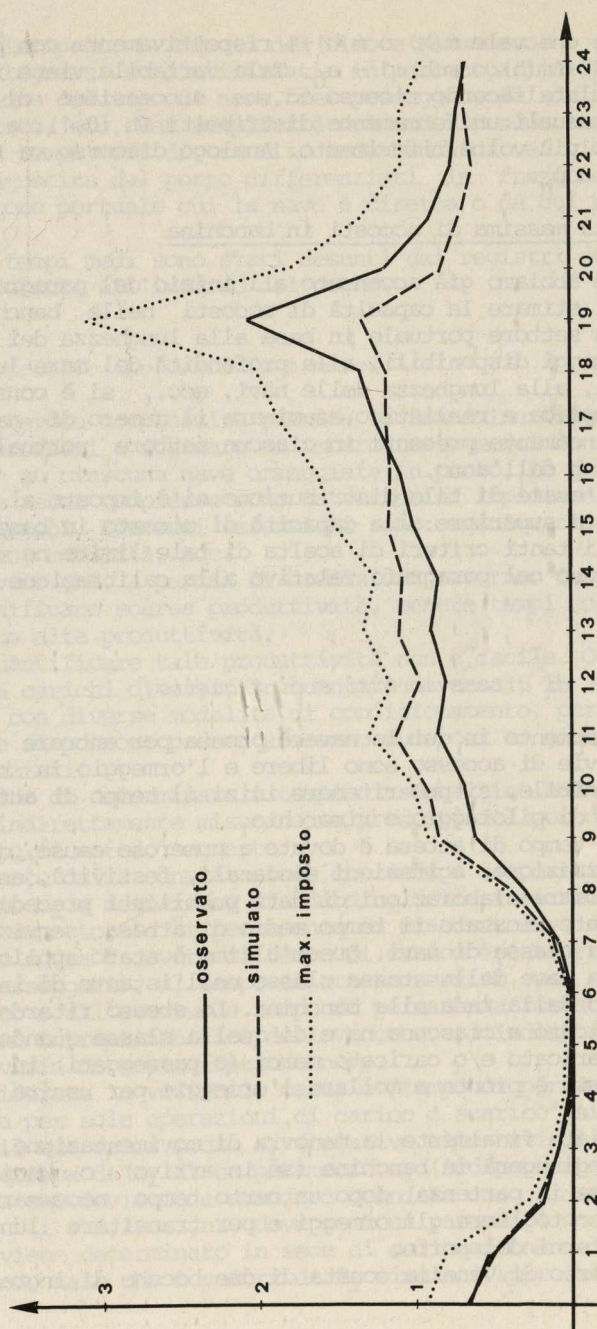


Figura 2 - Numero medio navi movimentate in partenza per ora del giorno



casuale che vale $m(h)$ o $m(h)+1$ rispettivamente con probabilità $a_h - m(h)$ o $m(h)+1 - a_h$. Tale variabile viene facilmente simulata facendo ricorso ad una successione di numeri pseudocasuali uniformemente distribuiti in $(0,1)$, a cui si è fatto più volte riferimento. Analogo discorso va fatto rispetto a p_h .

Capacità massima di accosti in banchina

Come abbiamo già accennato all'inizio del paragrafo 6 in vece di stimare la capacità di accosti nelle banchine di ciascun settore portuale in base alla lunghezza dei moli, a gli ormeggi disponibili, alla profondità del mare lungo gli accosti, alla lunghezza delle navi, ecc., si è considerato più semplice e realistico esaminare il numero di navi contemporaneamente presenti in ciascun settore portuale ad ogni ora h dell'anno.

Dall'esame di tale distribuzione si è imposto al modello un limite superiore alla capacità di accosto in banchina.

Fra i tanti criteri di scelta di tale limite ne verrà indicato uno nel paragrafo relativo alla calibrazione del modello.

7. Tempi di attesa servizi e di transito

Dal momento in cui la nave è pronta per entrare in porto, le vie di accesso sono libere e l'ormeggio in banchina è disponibile, si può ritenere inizi il tempo di attesa dei servizi di pilotaggio e rimorchio.

Tale tempo di attesa è dovuto a numerose cause, quali di organizzazione, agitazioni sindacali, festività, ecc.

Da nostre elaborazioni di dati pubblicati precedentemente è stato ricavato il tempo medio di attesa servizi per ciascuna classe di navi. Quest'ultimo è stato applicato a ciascuna nave della stessa classe nell'istante di inizio di transito dalla rada alla banchina. Lo stesso ritardo è stato applicato a ciascuna nave di quella classe quando, dopo aver scaricato e/o caricato merci (o passeggeri) in banchina, questa è pronta a mollare l'ormeggio per uscire dal porto.

Iniziata finalmente la manovra di movimentazione, ciascuna nave giungerà in banchina (se in arrivo) o uscirà del portò (se in partenza) dopo un certo tempo necessario per mettere o togliere gli ormeggi e per transitare lungo i canali interni del porto.

Il porto di Venezia consta di due bocche di ingresso e u

scita principali: S. Nicolò del Lido e Malamocco.

Tali ingressi sono utilizzati in percentuali differenti in funzione del tipo di nave, del pescaggio, del del carico trasportato, ecc. Per semplicità nel modello sono stati introdotti tempi medi di transito rada-banchina e viceversa banchina-uscita dal porto differenziati in funzione solo del settore portuale cui la nave è diretta o da cui proviene.

Tali tempi medi sono stati desunti dai registri della società operanti all'interno del porto.

8. Sottomodello movimentazione merci

Di notevole complessità risulta la determinazione dei tempi necessari a sbarcare ed imbarcare le merci (o i passeggeri) su ciascuna nave ormeggiata in porto, in quanto numerose e assai complesse sono le variabili implicare da tali operazioni. Elementi essenziali sono: organizzazione, coordinamento, mobilità, ecc.

E' ovvio che, a parità di condizioni esterne, tempi lunghi significano scarsa produttività, mentre tempi corti significano alta produttività.

Ma quantificare tale produttività non è facile. Ogni nave porta carichi diversi, in quantità diversa, in diverso stato e con diverse modalità di condizionamento, per cui i casi che si possono presentare sono numerosi e grandemente differenziati.

Al fine di determinare i tempi di sosta in banchina e quindi indirettamente misurare la produttività portuale si è seguito il metodo seguente.

Si parte dalla constatazione che sono a disposizione valor medio m_1 e deviazione standard σ_1 della variabile casuale "tempo totale di permanenza di ciascuna nave di classe i". Tale sosta è dovuta al tempo di carico e/o scarico merci (o passeggeri), al tempo di attesa servizi per uscire dal porto e all'eventuale tempo di permanenza forzata conseguente ad intransitabilità delle bocche o indisponibilità del servizio di movimentazione nave.

Considerata la variabile casuale "tempo di permanenza in banchina per sole operazioni di carico e scarico" si ipotizza che il suo valor medio s_1 (relativo alle navi di classe i) differisca da m_1 di un parametro α_2 (indipendente da i) e che la sua deviazione standard coincida con σ_1 , cioè: $s_1 = m_1 - \alpha_2$ ($i = 1, 2, \dots, n$), dove α_2 è un parametro non negativo che viene determinato in sede di calibrazione del modello in modo tale che i valori di \hat{m}_1 simulati approssimino i

Tabella 1 - Numero di navi in arrivo

Classe	N. osservato	a_i	N. simulato
1	631	0.0720	639
2	921	0.1051	916
3	1057	0.1207	1012
4	976	0.1114	963
5	1215	0.1387	1223
6	195	0.0223	195
7	512	0.0584	519
8	26	0.0030	28
9	635	0.0725	631
TOTALE	6168		6126

Tabella 2 - Ore nebbia e durata media

Mese	Ore di nebbia	Durata media	w	p	q
Gennaio	89.4	7	0.120	0.859	0.981
Febbraio	27.8	6	0.042	0.833	0.993
Marzo	19.1	5	0.026	0.792	0.994
Ottobre	26.4	3	0.035	0.706	0.989
Novembre	55.1	10	0.076	0.092	0.992
Dicembre	124.9	15	0.168	0.932	0.986

valori di m_1 osservati.

9. Raccolta dati ed elaborazioni preliminari

Per provare l'efficacia del modello sopra esposto e per determinare i valori dei parametri α_1 e α_2 , introdotti nei paragrafi precedenti, si è tentato dapprima di riprodurre per simulazione il traffico portuale verificatosi nel 1979.

E' stata fatta tale scelta perchè, all'inizio del presente lavoro, quell'anno era il più prossimo temporalmente, di cui si avessero a disposizione un insieme abbastanza completo di dati cui far riferimento.

Va innanzitutto precisato che questo lavoro si prefigge principalmente uno scopo metodologico e che quindi alcuni dei dati osservati relativi agli anni 1978-81 che qui nel seguito vengono presentati possono in parte discostarsi da quelli reali. Ciò perchè essi sono frutto, non ancora sufficientemente controllato, di elaborazioni di dati ricavati da pubblicazioni ufficiali (vedi Co. S.E.S. 1972; ELC - Electroconsulte Polytechna Harris, 1979) e, a volte, di stime conseguenti a intervista verbale con operatori portuali.

I risultati numerici, riportati nel seguito, dipendono in modo non trascurabile da tali elaborazioni preliminari e pertanto sono attendibili nei limiti in cui lo sono sia i dati di partenza, sia le ipotesi introdotte e descritte nei paragrafi precedenti.

Innanzitutto il porto è stato diviso in cinque settori:

1. settore navi commerciali non specializzate
2. settore navi industriali
3. settore navi petrolifere
4. settore navi commerciali specializzate
5. settore navi passeggeri

Le navi in transito per il porto di Venezia sono state divise in nove classi:

1. navi a basso pescaggio dirette al settore portuale 1
2. navi ad alto pescaggio dirette al settore portuale 1
3. navi a basso pescaggio dirette al settore portuale 2
4. navi ad alto pescaggio dirette al settore portuale 2
5. navi a basso pescaggio dirette al settore portuale 3
6. navi ad alto pescaggio dirette al settore portuale 3
7. navi a basso pescaggio dirette al settore portuale 4
8. navi ad alto pescaggio dirette al settore portuale 4
9. navi dirette al settore passeggeri.

Si è posto $t_0 = 0$ e $t_w = 8760$ (numero ore in un anno non bisestile). Poichè nel modello l'unità di tempo è un'ora, i valori di a_1 da introdurre nel processo poissoniano degli

Tabella 3 - Bassa marea. Probabilità di inizio evento da novembre a marzo

Ora	Probabilità
11 - 12	0.01
12 - 13	0.05
13 - 14	0.10
14 - 15	0.17
15 - 16	0.22
16 - 17	0.20
17 - 18	0.14
18 - 19	0.07
19 - 20	0.03
20 - 21	0.01

Tabella 4 - Bassa marea. Probabilità di inizio evento da aprile ad ottobre

Ora	Probabilità
1 - 2	0.02
2 - 3	0.09
3 - 4	0.25
4 - 5	0.34
5 - 6	0.22
6 - 7	0.07
7 - 8	0.01

arrivi (vedi Capitolo 3) sono stati ottenuti per rapporto tra il numero delle navi di classe i arrivate nel 1979 e il numero di ore (8760) di quell'anno.

In Tabella 1 sono riportati, per ciascuna classe, il numero di navi arrivate nel 1979, i valori calcolati di a_1 , il numero di navi in arrivo simulato dal modello (media tra dodici simulazioni).

Dai dati rilevati negli anni 1978 e 1979 il numero medio annuo di ore di nebbia nel porto di Venezia con visibilità superiore a 200 m è stato di 343 ore (Canestrelli, Cerasuolo e Tomasin, 1982). In Tabella 2 vengono riportati, per ciascun mese dell'anno in cui si è verificato almeno un evento nebbia, le ore totali medie di nebbia, la durata media (in ore) di un singolo evento di nebbia, la percentuale di ore di nebbia sul totale delle ore del mese (che porremo uguale a w) e i valori di p e q calcolati in base alle (1) e (2). Le ore totali annue di nebbia simulate dal modello sono 354 (media tra dodici simulazioni).

Poichè nel 1979 non esisteva un sistema di chiusura delle bocche di porto per alta marea, il relativo sottomodello non è stato considerato in fase di calibratura.

Per quanto riguarda invece il sottomodello bassa marea, sono state prese in considerazione tutte le maree al di sotto di -50 cm dal livello del mare (rilevamento del mareografo di palazzo Papadopoli) relative agli anni 1978-79.

Il numero medio di eventi annui è 15 per un totale di 33 ore di bassa marea. Si è constatato che la variabile casuale "ora di inizio del periodo di marea inferiore a -50 cm" assume valori compresi tra le ore 11 e 21 nei mesi da novembre a marzo con valor medio 15.74 e deviazione standard 1.8, e tra le ore 1 e 8 nei mesi da aprile a ottobre con valor medio 4.42 e deviazione standard 1.1.

Pertanto, ipotizzando che tali variabili si distribuiscano normalmente, si possono calcolare le probabilità di inizio evento per ciascun intervallo orario del giorno (Tabelle 3 e 4 in cui nelle ore non indicate la probabilità è zero).

Per quanto riguarda la variabile casuale "durata in ore dell'evento mare inferiore a -50 cm", essa assume valori tra 0 e 4 con media 1.76 e deviazione standard 0.90. Sono state pertanto assegnate le probabilità di Tabella 5.

Nelle simulazioni effettuate è stata assunta una equidistribuzione degli eventi bassa marea rispetto ai mesi dell'anno e sono state "estratte" le ore di inizio e le durate rispettando le distribuzioni di probabilità di Tabelle 3, 4 e 5.

Tabella 5 - Bassa marea. Probabilità di durata per intervalli orari

durata T in ore	Probabilità
$0 < T \leq 1$	0.20
$1 < T \leq 2$	0.41
$2 < T \leq 3$	0.31
$3 < T \leq 4$	0.08

Tabella 6 - Tempi medi di attesa in rada

Classe	Osservati	Simulati
1	7.2	10.2
2	8.9	11.5
3	6.1	6.9
4	8.3	9.1
5	3.6	4.7
6	4.7	5.7
7	3.2	3.6
8	3.1	4.5
9	2.7	4.2

10. Calibrazione del modello

Nelle Figure 1 e 2 vengono riportati i profili giornaliere degli arrivi e delle partenze nel porto di Venezia (linea continua) desunti dagli archivi del Provveditorato al Porto di Venezia per l'anno 1979. Per la determinazione della capacità massima di movimentazione navi in arrivo (e quindi in partenza) occorre "calibrare" il parametro α_1 (vedi Paragrafo 6). Al variare di α_1 vengono simulate differenti capacità di movimentazione navi e quindi differenti profili di arrivo, che a loro volta causano differenti tempi di attesa in rada.

Inoltre per il calcolo dei tempi di permanenza in banchina occorre "calcolare" il parametro α_2 (vedi Paragrafo 8). Al variare di α_2 vengono simulate differenti produttività nella movimentazione merci e conseguenti differenti istanti di movimentazione navi in partenza.

A differenti valori di α_1 e α_2 corrispondono quindi differenti scenari di simulazione con l'ulteriore avvertenza che una variazione del primo parametro fa sentire maggiormente (anche se non esclusivamente) i suoi effetti nel processo di arrivi delle navi in porto mentre una variazione del secondo parametro si ripercuote più sensibilmente sui tempi di movimentazione merci e partenza navi.

Ebbene l'idea è quella di determinare α_1 e α_2 in modo da realizzare contemporaneamente i seguenti due obiettivi:

- a. i tempi simulati di attesa in rada per le navi in arrivo siano i più prossimi possibile ai tempi di attesa osservati;
- b. i tempi simulati di attesa in banchina siano i più prossimi possibile ai tempi di attesa osservati.

Introdotte due funzioni di penalità per gli obiettivi a. e b., del tipo somma dei quadrati degli scarti percentuali, si è ritenuto opportuno assumere come funzione obiettivo da minimizzare una somma lineare ponderata di queste funzioni. Poiché i valori assunti da tali funzioni sono omogenei rispetto l'unità di misura (un'ora temporale), si è ritenuto come primo approccio di far assumere ai due pesi lo stesso valore (cioè 1/2). Pertanto la funzione obiettivo è la seguente

$$F(\alpha_1, \alpha_2) = 1/2 \sum_{i=1}^9 ((y_i - \hat{y}_i)/y_i)^2 + 1/2 \sum_{j=1}^5 ((m_j - \hat{m}_j)/m_j)^2 \quad (3)$$

dove y_i e \hat{y}_i (α_1, α_2) sono i tempi medi di attesa in rada per le navi di classe i , rispettivamente osservati e simula

Tabella 7 - Numero medioreale, simulato e numero massimo simulato di navi presenti in ciascun settore portuale

Settore	Medio osservato	Massimo osservato	Medio simulato	Massimo simulato
1	29.8	45	30.9	40
2	24.9	38	25.7	34
3	6.1	15	7.4	13
4	6.2	15	5.9	13
5	1.5	11	1.7	8
TOTALE	68.5	124	71.6	108

Tabella 8 - Tempi medi di attesa servizi

Classe	Tempi medi
1	5.4
2	7.4
3	4.1
4	6.8
5	1.1
6	2.5
7	0.4
8	1.7
9	0.4

ti; mentre m_j e \hat{m}_j (α_1, α_2) sono i tempi medi di permanenza in banchina nel settore portuale j , rispettivamente osservati e simulati.

Per la ricerca dei valori $\hat{\alpha}_1$ e $\hat{\alpha}_2$ che rendono minima la (3), in mancanza di informazioni su continuità e derivabilità per $F(\alpha_1, \alpha_2)$ si è fatto ricorso a due metodi euristici di ottimizzazione: il primo basato su uno schema di ricerca di tipo casuale adattiva, atto ad individuare un intorno dell'eventuale minimo globale della (3); il secondo utilizzando le direzioni di più rapido decremento per una più precisa determinazione del punto di ottimo individuato col primo metodo (Baldissera, Ceri e Colorni, 1981).

I valori ottimali dei parametri sono risultati (a meno di un decimale): $\hat{\alpha}_1 = 3.8$ e $\hat{\alpha}_2 = 4.6$.

In Tabella 6 si leggono i valori di y_i osservati nel 1979 e i valori di \hat{y}_i ottenuti come media di dodici simulazioni della durata ciascuna di un anno.

Le capacità di movimentazione "calibrate" sia in arrivo che in partenza sono riportate con linea punteggiata nelle Figure 1 e 2.

In Tabella 7 si leggono il numero medio v_k e massimo c_k di navi contemporaneamente presenti in ciascun settore portuale, calcolati in base all'archivio del Provveditorato al Porto di Venezia, il numero medio di navi presenti \hat{v}_k , ottenuto come output dalla simulazione, e la capacità massima \hat{c}_k di ciascun settore imposta in fase di calibrazione ($k = 1, 2, \dots, 5$).

Si osservi che non si è ritenuto dover porre $\hat{c}_k = c_k$, in quanto non è sembrato realistico pensare che la massima capacità coincida ogni ora dell'anno con il numero massimo di navi presenti verificatosi in una data ora dell'anno.

Più prudentemente si è posto \hat{c}_k uguale al massimo intero x tale da verificare la condizione: "un numero di navi presenti superiore o uguale a x si è verificato in almeno 263 casi (pari a circa il 3% delle ore di un anno)".

In Tabella 8 vengono riportati i tempi medi di attesa servizi in rada o in banchina per ciascun tipo di nave. Tali tempi sono stime molto approssimate desunte da studi della Polytecna Harris e Electroconsult (1979) e da informazioni dirette.

Per quanto riguarda i tempi di transito rada-banchina, in base ai dati raccolti dal registro della società "Gruppo ormeggiatori" su un campione di 291 navi transitate nel porto tra l'1 e 15 gennaio e il 15 e 30 aprile 1982, e tenuto conto che in media il percorso da S. Nicolò del Lido al settore portuale "Marittima" comporta circa un'ora e venti minuti, mentre il percorso Malamocco-Marghera comporta circa

Tabella 9 - Tempi transito rada-banchina o viceversa

Settore	Tempi medi
1	1.5
2	2.3
3	2.3
4	1.5
5	1.3

Tabella 10 - Tempi medi osservati e simulati di permanenza in banchina e tempi medi simulati per sole operazioni di carico e scarico

Classe nave	Tempi osservati	Tempi simulati	Tempi simulati carico e scarico
1	164	167.5	162.9
2	164	169.3	164.7
3	100	108.9	98.3
4	100	105.0	100.4
5	38	38.6	34.0
6	38	39.2	34.6
7	91	89.7	85.1
8	91	91.4	86.8
9	17	16.8	12.2

due ore e quindici minuti, sono stati assegnati i valori di Tabella 9.

In base ai dati rilevati dalla Capitaneria di Porto di Venezia nel 1979 sono stati calcolati i tempi medi, con relativa deviazione standard, di permanenza in banchina per ciascuna classe di navi.

In Tabella 10 si possono infine leggere i tempi medi totali di permanenza in banchina elaborati dal modello e quelli (sempre ottenuti dalla simulazione) relativi alle sole operazioni di carico e scarico merce (o passeggeri).

11. Prime conclusioni

Una volta "calibrato il modello sui dati 1979 sono state prodotte alcune simulazioni relative ad un anno solare (pari a 8760 intervalli temporali elementari di un'ora).

Onde far partire il modello dal primo gennaio in situazione di regime si è ritenuto di dover anticipare la simulazione di due mesi consentendo così la formazione delle code in rada e banchina.

Il modello così descritto si presta ad essere utilizzato come strumento di previsione di diversi aspetti connessi all'attività portuale. Tuttavia, poichè la simulazione si incentra soprattutto sui tempi operativi legati alle varie fasi di transito nel porto, il modello meglio si adatta alla determinazione dei tempi medi di sosta nei vari settori. E tali tempi sono strettamente correlati alla "produttività" di quei settori. Previsioni in tale senso si possono ottenere facilmente implementando il modello dopo aver modificato uno o più dei seguenti elementi:

- numero medio di navi in arrivo,
- ore di inagibilità del porto causa nebbia,
- ore di inagibilità delle bocche per prevista alta marea eccezionale,
- ore di inagibilità dei canali causa bassa marea,
- efficienza del servizio movimentazione navi,
- disponibilità di accosti in banchina,
- efficienza del servizio di movimentazione merci.

La valutazione di tali conseguenze esula per il momento dagli scopi puramente metodologici fin qui prefissati e verrà effettuata al termine della ricerca in corso.

A mo' di conclusione riportiamo allora i tempi totali medi di permanenza nei vari settori portuali (Tabella 11) sia osservati nel 1979 che simulati dopo la fase di calibrazione descritta nel paragrafo precedente.

Tabella 11 - Tempi totali medi osservati e simulati di permanenza nel porto

Settore	Tempi osservati	Tempi simulati
1	175.2	182.5
2	101.8	118.8
3	46.3	51.0
4	98.2	100.2
5	21.9	26.6

Bibliografia

- Baldissera A., Ceri S. e Colorni A. (1981), *Metodi di ottimizzazione e programmi di calcolo*, Clup, Milano.
- Carbognin L. (1971), *Il problema del traffico marittimo di Venezia in relazione alla chiusura delle imboccature portuali. Analisi condotta per l'anno 1969*, Rapporto tecnico n. 13, Laboratorio per lo studio della dinamica delle grandi masse, C.N.R., Venezia.
- Canestrelli P., Cerasuolo M. e Tomasin A. (1982), *La nebbia a Venezia nel decennio 1971-80: dati statistici*, Comune di Venezia, Assessorato ai servizi pubblici.
- Canestrelli P., Tomasin A. (1981), *Sull'attendibilità di un modello empirico-statistico per la previsione dell'acqua alta a Venezia*, Comune di Venezia, Centro Previsioni e Segnalazioni Maree.
- Comune di Venezia, Ministero Lavori Pubblici e C.N.R. (1983), *Previsioni delle altezze di marea per il bacino di San Marco e delle velocità di corrente per il Canal Porto di Lido-Laguna di Venezia - Valori astronomici 1983*, Istituto Poligrafico dello Stato, Libreria, Roma.
- Co.S.E.S. (1972), *Il porto nell'economia veneziana*, Co.S.E.S., Informazioni n. 3.
- Crisma L. (1974), *Esperienze di calcolo simulato per la valutazione di oneri attuariali*, Istituto di Matematica Finanziaria, Università di Trieste.
- De Ambrogio W. (1973), *La simulazione nel campo della programmazione dei trasporti*, Centro Studi sui Sistemi di Trasporto, quaderno n. 6.
- ELC-Electroconsult e Polytechna Harris (1979), *Studio della portualità lagunare*, Venezia.
- Kemeny J.G., Snell J.L. e Thompson G.L. (1968), *Matematica e attività umana*, Vol. II, Feltrinelli.
- Iazeolla G. (1978), *Introduzione alla simulazione discreta*, Boringhieri, Torino.
- Phillips T., Ravindran A. e Solberg J.J. (1976), *Operations research: principles and practice*, Wiley ed. Sons, New York.
- Pitacco E. (1979), *Considerazioni sul metodo di simulazione in problemi attuariali*, Quaderno n. 25 dell'Istituto di Matematica Finanziaria, Università di Trieste.
- Ministero Lavori Pubblici (1981), *Studio di fattibilità e progetto di massima per la Difesa della Laguna di Venezia dalle acque alte*.

Stampa Tipomonza
V. le Monza, 129 - Milano

L'obiettivo di questo volume è di illustrare lo stato degli studi sull'organizzazione spaziale delle attività umane e produttive oggi in Italia, nella varietà delle problematiche coinvolte e nella diversità dei possibili approcci al tema.

I recenti e originali contributi che lo costituiscono spaziano su una ampia gamma di argomenti: l'evoluzione della popolazione italiana, gli investimenti nel settore abitativo, le trasformazioni nelle attività industriali e terziarie, gli squilibri interni regionali e locali, il problema del controllo dei processi di trasformazione territoriale.

Il quadro che si offre al lettore comprende, dunque, non solo il vasto ambito di problematiche (sia

di notevole interesse pianificatorio che di notevole spessore teorico), ma anche le diverse linee culturali e metodologiche con cui tali problematiche possono essere affrontate.

E' possibile cogliere, in particolare, al di là delle differenti discipline scientifiche coinvolte nelle scienze regionali (dall'economia e dalla finanza all'urbanistica, alla geografia, alla statistica e matematica, alla demografia), lo spirito unitario che queste vi acquisiscono: nel concetto di spazio economico sociale e nella concretezza dei problemi regionali risiedono infatti il fondamento teorico e il cardine pragmatico per la loro unificazione.